



Naturalis

Repositorio Institucional
<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar>

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo



Mineralogía de algunos yacimientos de arcillas de la provincia de Buenos Aires

Iñíguez Rodríguez, Mario Adrián

Doctor en Ciencias Naturales

Dirección: Cortelezzi, César R.

Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo
1965

Acceso en:

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20120126000651>

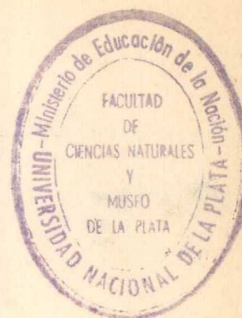


Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



Naturalis

Repositorio Institucional
FCNyM - UNLP



BIBLIOTECA

MINERALOGIA

DE ALGUNOS YACIMIENTOS DE ARCILLAS

DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.

Por

Adrián Mario Higuera Rodríguez.

La Plata, Julio de 1965.-

RESUMEN:

En el presente trabajo se realiza el estudio de algunos yacimientos de arcillas, existentes a lo largo del cordón de Tandilia, desde Olavarría hasta Mar del Plata.

El estudio comprende:

Una breve reseña geológica; una parte sedimentológica que se ocupa de los análisis texturales, para la determinación de las principales características granulométricas de los sedimentos arcillosos y sus variaciones en el contenido de la fracción arcilla, incluyendo una somera descripción microscópica, tanto del material arcilloso como de las fracciones más gruesas de los sedimentos.

El objetivo principal del presente estudio, es la determinación de las especies de los minerales de las arcillas; para lo cual se han utilizado, métodos de Difracción de Rayos X, Análisis Térmico Diferencial y Microscopía y Difracción de electrones; realizándose además sobre los diagramas obtenidos por difracción de Rayos X, el análisis cuantitativo, tomando para esto como mineral Patron interno a la Illita que se encuentra presente en casi todas las muestras. Se han tenido en cuenta así mismo en todos los casos, los pocos análisis químicos que pudieron efectuarse. Se realizó así mismo, la determinación de polimorfos de Illita, con el fin de establecer su relación con el Paleozoico y comparar con trabajos similares citados en la bibliografía.

Sobre la base de los datos texturales y mineralógicos obtenidos, se trata de explicar la génesis de estos yacimientos. Finalmente se dan las aplicaciones más importantes de los minerales de las arcillas, especialmente las concernientes a la cerámica y refractarios.

INTRODUCCION:

Este trabajo de investigación tiene como principal objeto, cumplir con los requisitos reglamentarios de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata para optar al título de Doctor en Ciencias Naturales, y al mismo tiempo contribuir al más amplio conocimiento de la mineralogía de las arcillas de la Provincia de Buenos Aires.

La duración del mismo fue de aproximadamente 2 años. Se realizaron durante este tiempo tres campañas: Mayo de 1963 Julio de 1963 y Octubre de 1964; siendo la primera de reconocimiento de la zona y la segunda y tercera de muestreo. La última campaña fue necesaria para obtener un mayor número de muestras, y a su vez para realizar muestreos sistemáticos a fin de observar variaciones mineralógicas internas de los yacimientos, ampliando de esta manera el número de muestras y observaciones geológicas.

Los trabajos de laboratorio que fueron los que mayor atención demandaron, se realizaron en distintos lugares:

En la Facultad de Ciencias Naturales, Cátedra de Mineralogía, se realizó toda la parte sedimentológica y separación de la fracción arcilla pura para los distintos análisis. En el Departamento de Estado Sólido de la Comisión Nacional de Energía Atómica, se realizó gran parte de los diagramas de Difracción de Rayos X y la Microscopía y Difracción de Electrones. En el Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas, se efectuaron los Diagramas de Análisis Térmico Diferencial y repitieron, algunos diagramas de Difracción de Rayos X.

Quiero expresar mi reconocimiento y agradecer en primer término a la Universidad Nacional de La Plata, por haber hecho

posible la realización de este trabajo, al otorgarme una Beca de Iniciación en la Actividad Creadora, y al I.E.M.I.T. por el auspicio prestado a este trabajo. Así mismo quiero agradecer al Dr. Mario R. Teruggi, Decano de la Facultad de Ciencias Naturales; Ing. Ernesto Galloni, Jefe del Departamento de Estado Sólido de la Comisión Nacional de Energía Atómica; y al Dr. Pedro Carriquiriborde, Director del I.E.M.I.T., por haberme permitido el uso de los laboratorios e instrumental de sus dependencias. Agradezco también a todo el personal de estas instituciones que en una forma u otra han colaborado en el presente trabajo; muy especialmente a las Doctoras María G. De Abeledo y María R. De Benyacar por su valiosa colaboración en la parte de Difracción de Rayos X y Microscopía Electrónica; del mismo modo al Dr. Tulio A. Limousin por su colaboración en las tareas de campaña.

Finalmente doy gracias al Doctor César R. Cortelezzi, Profesor Asesor de este trabajo y por ser quien me sugiriera el tema e hiciera posible con su apoyo la finalización del mismo.

UBICACION:

La zona de la cual fueron tomadas las muestras para el presente estudio, se encuentra ubicada en el sector S-E de la Provincia de Buenos Aires, abarcando una franja que se extiende, desde Olavarría hasta Mar del Plata, de aproximadamente 300 Kilómetros de largo (Mapa N° 1). Esta franja sigue los lineamientos del sistema de las Sierras Septentrionales, que se extienden desde Mar del Plata hasta más allá de Olavarría con un rumbo general NW - SE.

El acceso a la zona está facilitado por los numerosos caminos existentes, tales como las rutas 3 - 226 - 86 - 2 etc. pavimentadas, de las cuales se desprenden los numerosos caminos consolidados que conducen a los distintos yacimientos ubicados en el Mapa N° 2 .

RASGOS FISIOGRAFICOS:

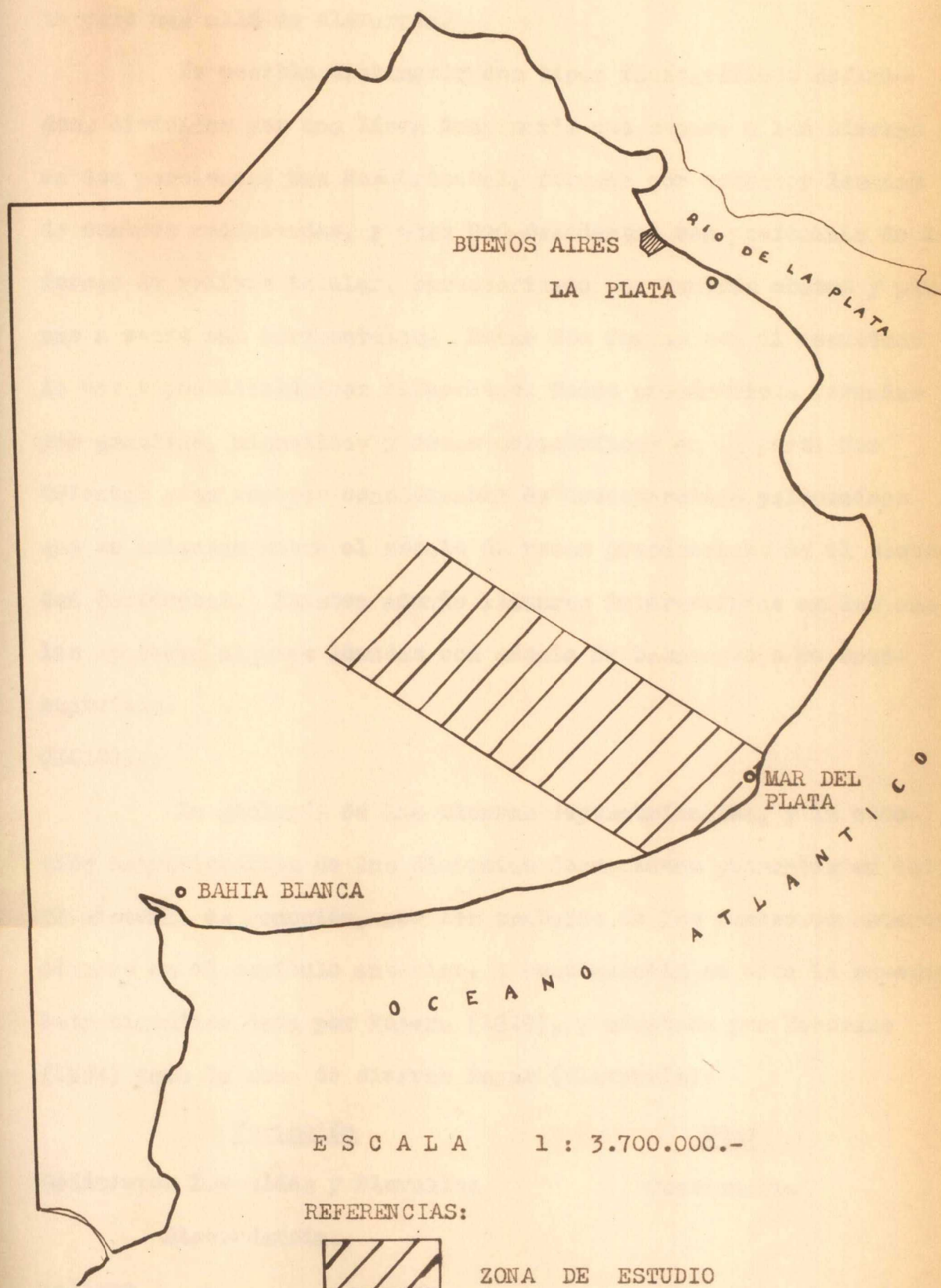
En los numerosos trabajos geológicos y petrográficos realizados en el sistema de las Sierras Septentrionales tales como los de Aguirre (1879-97), Valentín (1894), Hauthal (1901) Nágera (1919) Frenguelli (1950), Bonorino (1954-56), Cortelezzi (1954), Teruggi (1951) - (1957), Villar Fabre (1954-1956) etc., esta ampliamente definida la fisiografía y la geología de estas sierras.

El cordón septentrional está formado por una cadena de colinas y lomadas mesetiformes, aisladas y separadas por parajes llanos, las sierras emergen de la gran llanura bonaerense, con una dirección general NW - SE., hundiéndose hacia el SE. en el Océano Atlántico, las alturas máximas oscilan alrededor de los 450 metros sobre el nivel del mar, siendo lo común encontrar

UBICACION DE LA ZONA DE

ESTUDIO

LAMINA N° 1



Dolomitas

Guarcitas Inferiores

desniveles de 100 a 250 mts. Hacia el NW , las sierras se hunden un poco más allá de Olavarría.

Es posible distinguir dos tipos fisiográficos definidos, divididos por una línea imaginaria que separa a las sierras en dos porciones: una Nor-Oriental, formada por cerros y lomadas de cumbres redondeadas, y otra Sud-Occidental con predominio de las formas de relieve tabular, caracterizado por cumbres chatas y planas a veces sub horizontales. Estas dos formas son el resultado de dos tipos litológicos diferentes. Rocas precámbricas formadas por granitos, migmatitas y rocas metamórficas en la parte Nor Oriental y un espesor considerable de ortocuarcitas paleozoicas que se asientan sobre el zócalo de rocas precámbricas en el sector Sud Occidental. Existen además llanuras interserranas en las cuales aparecen algunas lomadas con zócalo de basamento o de ortocuarcitas.

GEOLOGIA:

La geología de las Sierras Septentrionales, y la sucesión estratigráfica de las distintas formaciones presentes en todo el sistema, es conocida, por los trabajos de los numerosos autores citados en el capítulo anterior. A continuación se cita la sucesión estratigráfica dada por Nágera (1919), y adoptada por Bonorino (1954) para la zona de Sierras Bayas (Olavarría):

<u>Formación</u>	<u>Edad</u>
Sedimentos Loesoides y Fluviales	Cuaternario
Discordancia.	
Calizas	
Arcillas (arcillitas)	
Cuarcitas Superiores	Carbónico Superior
Dolomitas	
Cuarcitas Inferiores	

Discordancia

Basamento Cristalino (granitos híbridos
migmatitas, gneis, milonitas, anfibolitas)

Precámbrico

Para la porción oriental de las Sierras de Tandil,
Teruggi (1960) da la siguiente sucesión estratigráfica:

<u>Formación</u>	<u>Edad</u>
Sedimentos Loesoides, eólicos y Fluviales.	Cuaternario (Pampeano y Postpampeano)

Discordancia

Ortocuarcitas (con intercalaciones de arcilitas)

Paleozoico medio
(Serie de la Tinta)

Discordancia

Basamento cristalino (migmatitas,
gneis, anfibolitas, calizas cristalinicas.)

Precámbrico.

En la parte de la costa, la sucesión estratigráfica observable, corresponde, según Frenguelli (1950) a:

<u>Formación</u>	<u>Edad</u>
Aymarense	Holoceno
Platense	
Pos-Pampeano	
Querandinense	
Lujanense	Pleistoceno
Bonaerense (con Belgranense)	
Pampeano	
Ensenadense	
Chapadmalense	Plioceno Superior
Hermosense	

Discordancia

Serie de la Tinta

Ordovícico ?

La edad de la dolomita del primer cuadro estratigráfico

co presentado, fue establecida por Hartington (1940) merced al hallazgo de "Speriferina Campestris White", en una cantera de dolomita al este de la Loma Negra.

La edad de la Serie de la Tinta no ha sido determinada aún, hasta la fecha, con precisión, existiendo autores que consideran que es carbónica, y otros que la ubican en el Devónico e inclusive en el Silúrico o Gotlandico.

BASAMENTO CRISTALINO:

Las rocas que forman el basamento cristalino de las Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires, afloran en el flanco NE de las mismas, desde Olavarría hasta Balcarce. En extensos tramos dicho basamento se encuentra cubierto por las cuarcitas de la serie de La Tinta, de las cuales forma elzócalo, aflorando solamente, al pie de los faldeos. En otras partes, se hace difícil su observación por encontrarse cubierto con acumulaciones de derrubio.

CARACTERES PETROGRAFICOS DEL BASAMENTO:

La generalidad de las rocas del basamento está formada por granitos, migmatitas, tonalitas, anateixitas, milonitas, gneis inyectados o embrechitas, gneis anfibólicos y granatíferos, anfibolitas y mármol serpentínico, todas estas rocas son ampliamente descritas en los trabajos realizados por Cortelezzi (1954), González Bonorino (1954-1956) Teruggi (1954-1960), Radice (1944-1946) Villar Fabre (1954-1957) etc.

A través de todos estos trabajos es posible observar una similitud petrográfica, con variaciones locales, y destacar la mayor evidencia de rocas metamórficas hacia la zona de Balcarce.

SERIE DE LA TINTA:

Esta cubierta sedimentaria, formada por cuarcitas con intercalaciones arcillosas, se apoya en forma discordante sobre el basamento cristalino, la potencia máxima oscila alrededor de unos 200 metros, siendo común encontrar espesores entre los 50 y 100 metros.

Las ortocuarcitas constituyen bancos o estratos de espesor variable, intercalándose entre ellos, capas, a veces, lenticulares de sedimentos arcillosos con mica blanca. Localmente la posición de los estratos es casi horizontal, pero el estudio regional indica que los mismos, buzan con un ángulo no mayor de 5 grados, hacia el S - SW.

La composición petrográfica de estas rocas es sencilla, están clasificadas como ortocuarcitas, de colores claros, que en superficie adquieren tintes que van del gris al rosado, por oxidación e hidratación de la magnetita que se encuentra en las mismas. A veces, estas areniscas poseen un porcentaje considerable de granos de tamaños mayores, constituyendo verdaderos conglomerados oligonícticos.

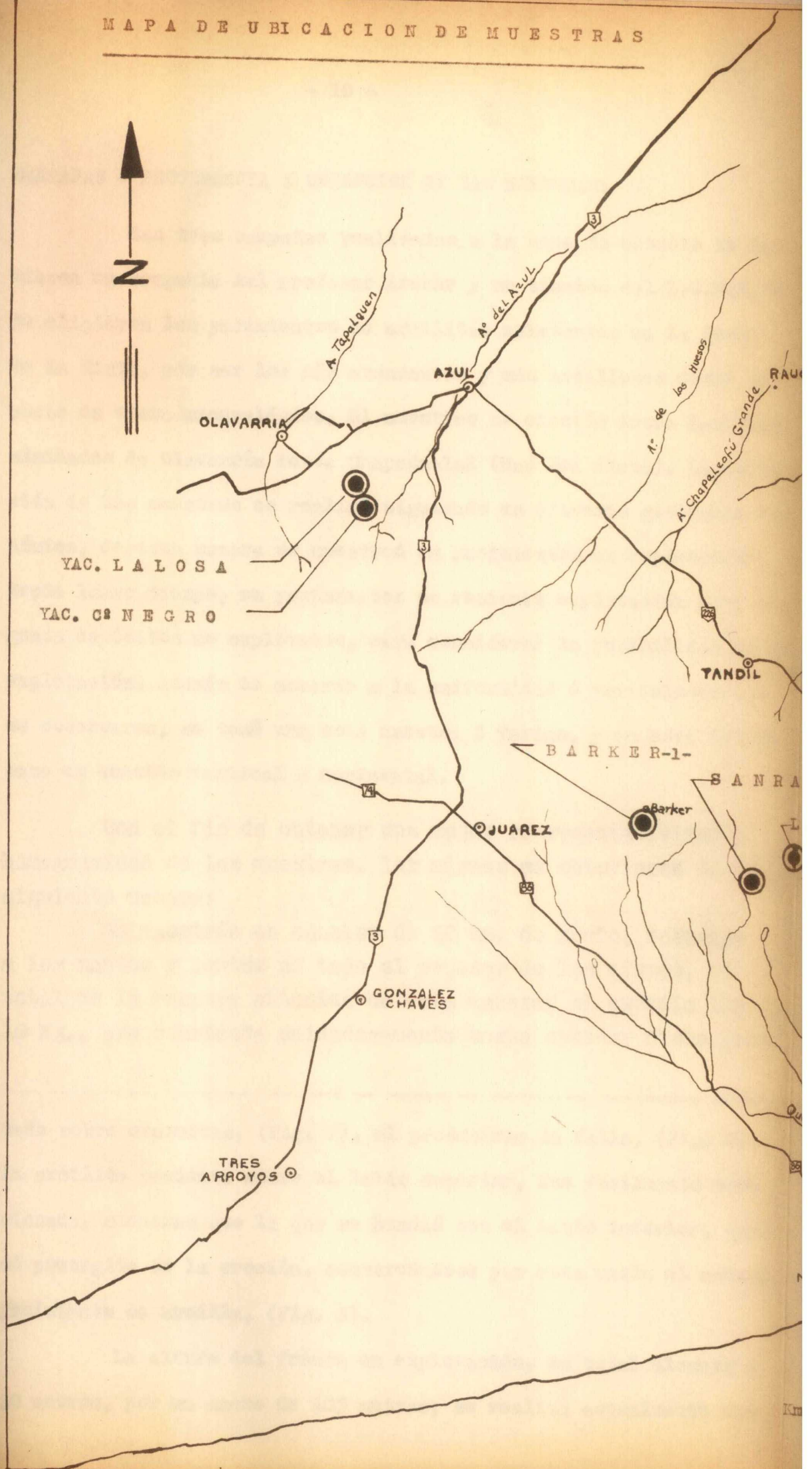
En la zona de Barker, Sierras Bayas y Loma Negra, la pila sedimentaria para esta serie es más completa, ya que aparecen además de las cuarcitas, depósitos de calizas y arcillas.

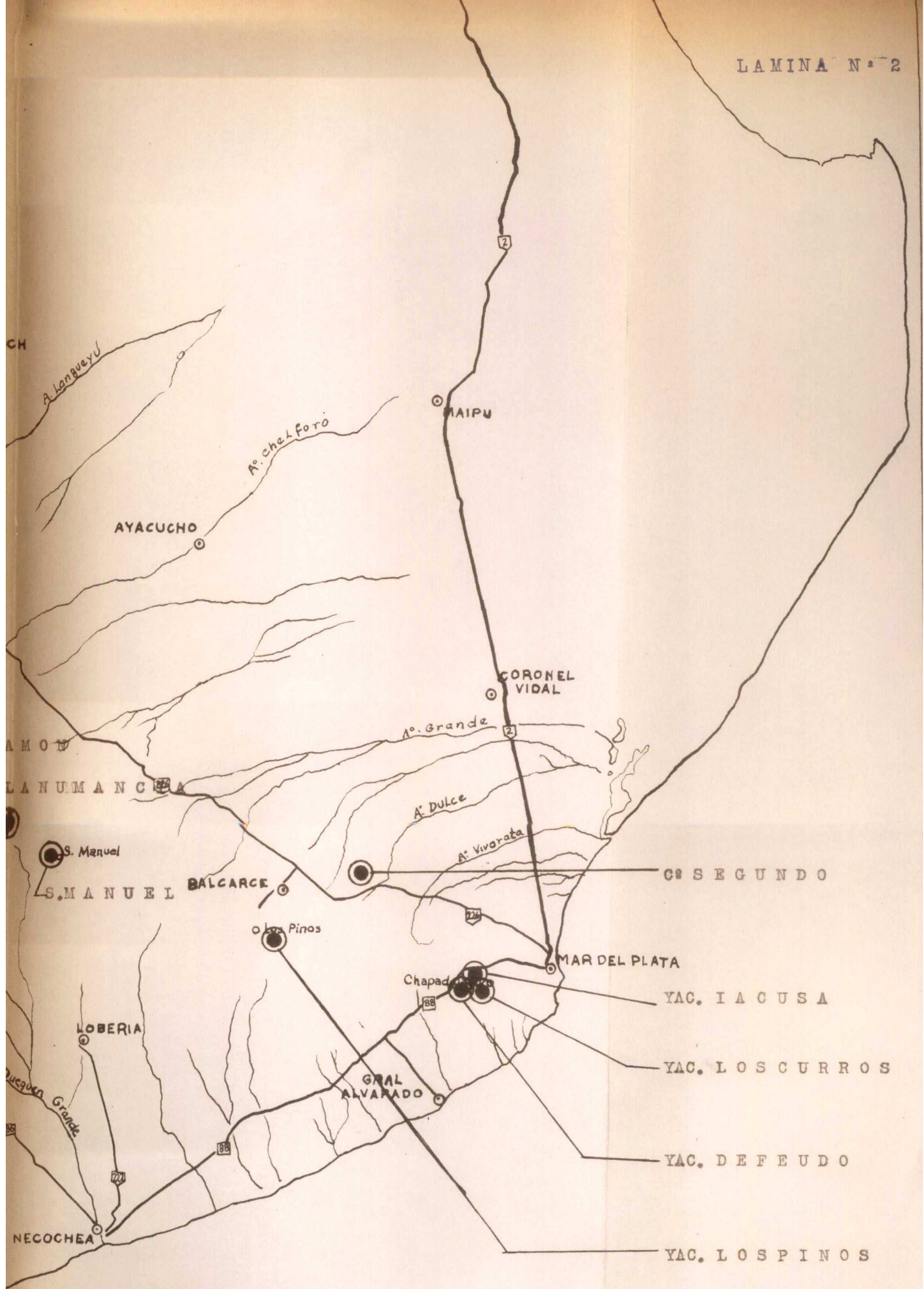
La petrología de esta serie será tratada en la parte final, al considerar la génesis de las arcillas del presente trabajo.

CUATERNARIO:

A lo largo de todas las sierras se encuentra que, un manto de sedimentos de origen eólico muy finos, de colores castaños a amarillentos, cubre las partes bajas y toda el área que

MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS





ESCALA 1 : 1.000.000.-

0 100 Km.

CAMPAÑAS - PROCEDENCIA Y OBTENCION DE LAS MUESTRAS:

Las tres campañas realizadas a la zona de estudio se hicieron en compañía del profesor Asesor y un técnico del L.B.M.I.T. Se eligieron los yacimientos de arcillitas existentes en la Serie de La Tinta, por ser los más abundantes y más arcillosos desde el punto de vista mineralógico. El muestreo se efectuó desde las proximidades de Olavarría hasta Chapadmalal (Mar del Plata). La elección de las muestras se realizó siguiendo un criterio geológico económico, de esta manera se muestreó en yacimientos en explotación desde largo tiempo, en yacimientos de reciente explotación y en algunos depósitos no explotados, para considerar la posibilidad de su explotación. Además de acuerdo a la uniformidad ó variaciones que se observaron, se tomó una sola muestra ó varias, y en este último caso en sentido vertical u horizontal.

Con el fin de obtener una mejor representatividad y homogeneidad de las muestras, las mismas se obtuvieron de la siguiente manera:

Se muestreó en canales de 20 cm. de ancho, normales a los mantos y lentes en todo el espesor de los mismos, el total de la muestra obtenida de esta manera, si excedía los 10 Kg., era cuarteada cuidadosamente hasta obtener dicho peso.

tado sobre cuarcitas, (Fig. 1), al producirse la falla, (Fig. 2), la arcillita yaciente sobre el labio superior, fue fácilmente erosionada, mientras que la que se hundió con el labio inferior, quedó protegida de la erosión, conservándose por esta razón el actual yacimiento de arcilla, (Fig. 3).

La altura del frente en explotación, en total alcanza a 30 metros, por un ancho de 105 metros; se realiza actualmente una

N E

S W

FIGURA No 1

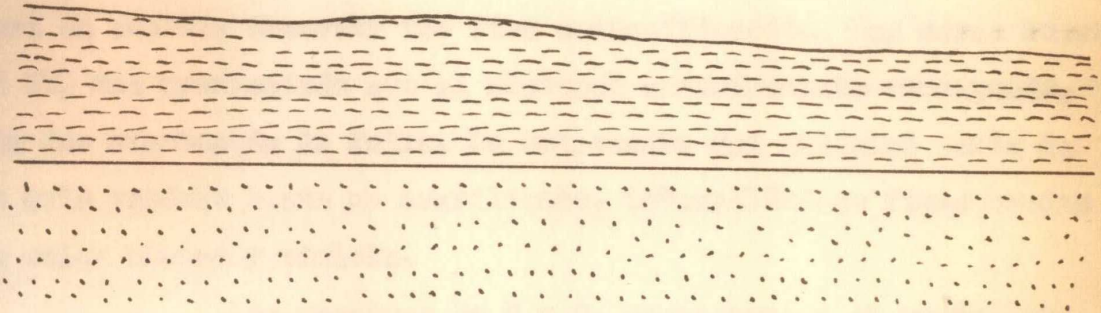


FIGURA No 2

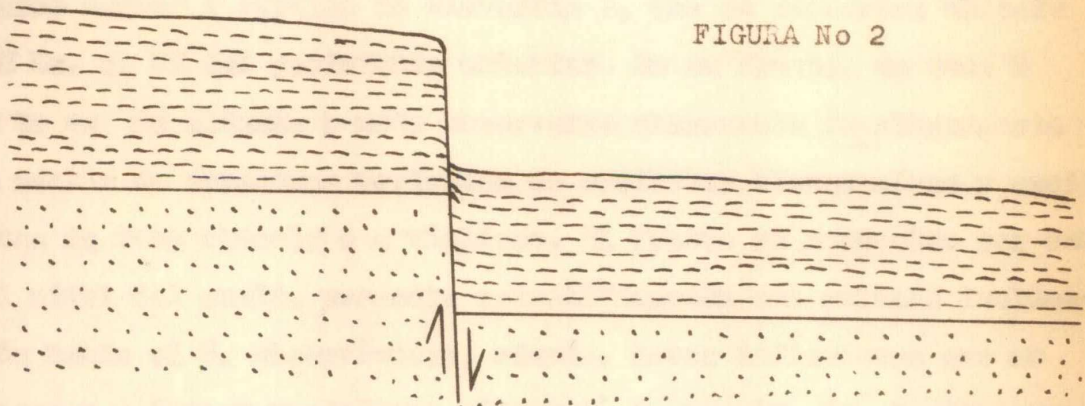
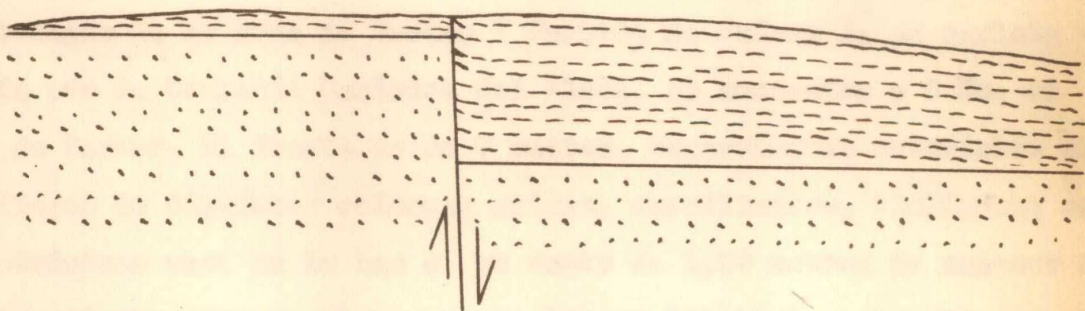
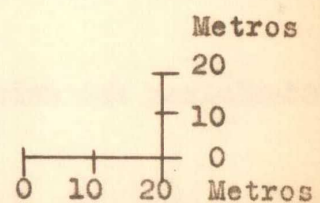
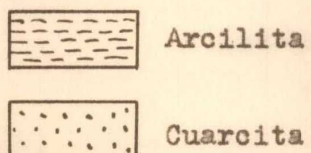


FIGURA No 3



REFERENCIAS



Escala Gráfica

explotación en cuatro frentes escalonados. El material de esta cantera, se puede decir que es homogéneo, por lo cual solo se tomó una sola muestra considerada representativa. En el frente de cantera es posible observar una fina estratificación. Las capas buzan al SW, mas pronunciado que el regional anteriormente consignado, por los efectos de la falla. La coloración del material varía de un gris verdoso hasta un amarillento, intercalándose finas bandas de color blanco y violeta.

Las muestras No 2 y 3, corresponden al yacimiento "Cerro Negro" (Partido de Olavarría), que se encuentra ubicado a 8 Km. al SE del yacimiento anterior. En su frente, de unos 9 metros de altura, puede observarse claramente la alternancia de mantos de espesores variables de arcilitas blanquecinas y arcilitas de tono chocolate a violáceo. El frente se encuentra por debajo del nivel del suelo, presenta estratificación con marcada inclinación hacia el S. observándose, además, leves inflexiones que no alcanzan a formar verdaderos pliegues. La muestra No. 2 corresponde a la arcilita de color blanco y la No. 3 a la arcilita de color chocolate.

La Muestra No. 4.- corresponde al único yacimiento estudiado de la zona de Barker (Partido de Juárez), en explotación por la Compañía Cerámica del Plata, se encuentra a 5 Km. al S. de Barker. El frente es de 7 metros, observándose materiales arcillosos de distintos colores; grises, amarillentos, violáceos; encontrándose casi en la base un manto de 1,20 metros de espesor de color blanco, que es el que se explota y del cual se ha obtenido la muestra citada. El aspecto del frente de cantera, da la impresión de haber sido sometido a fuertes presiones, observándose pequeños pliegues dentro del material arcilloso.

Las Muestras No 5 y 6.- proceden del yacimiento de Mayubí, situado a unos 200 metros al N. de la zona de Barker, en el Partido de Olavarría. Este yacimiento se puede seguir a lo largo de unos 200 metros; está

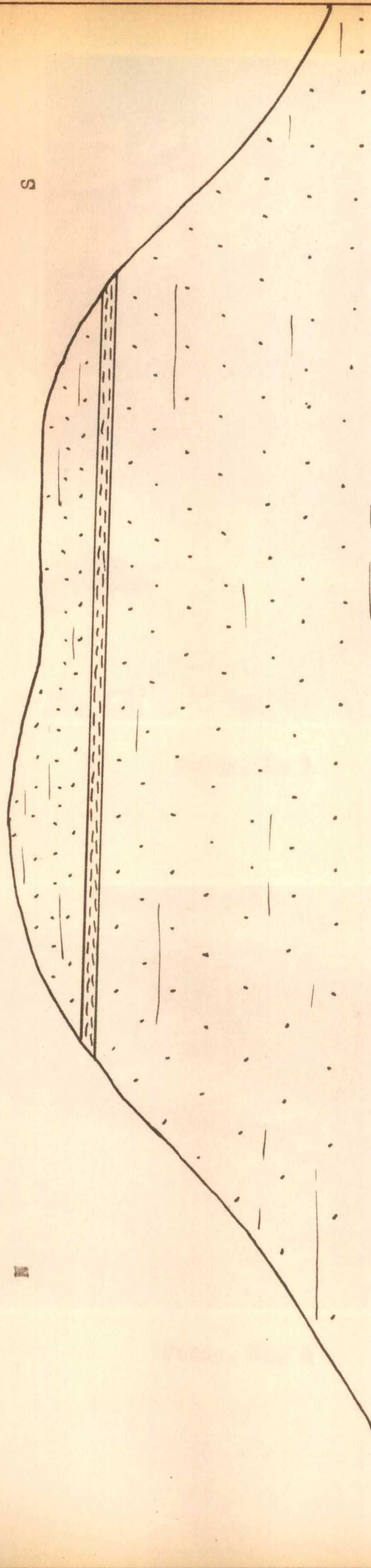
"San Ramón" (Partido de Necochea) se encuentra ubicado a 50 Km. en línea recta al S. de Tandil. Este yacimiento está formado por un banco que oscila entre 2 y 3 metros de espesor intercalado entre cuarcitas. La posición de este banco que aflora en toda la extensión del cerrito, (fig. 4) es horizontal, homogéneo, de color gris, observándose en su interior nódulos del mismo material de color blanco.

El material arcilloso de este yacimiento es sumamente compacto y tenaz. La explotación se ha realizado, prácticamente rodeando todo el frente, ó sea alrededor del cerrito, el cual tiene 350 metros de largo, por 90 metros de ancho; de forma ovoide, con un estrechamiento en la parte central. A causa del considerable destape de cuarcita, se ha comenzado la explotación por galerías. En la fotg. N° 1, el banco gris corresponde a la arcilita, y el blanco a la cuarcita, que también se encuentra en el piso. En la Fotog. N° 2 se puede ver la boca de la primera galería abierta en el yacimiento, tanto en la foto N° 1 como en la N° 2, el espesor del banco de arcilita es de 2,50 y 2,00 metros respectivamente. La muestra N° 5 fue tomada del frente y la N° 6 del interior de la galería, que en ese momento tenía 30 metros de profundidad.

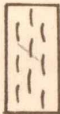
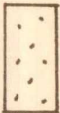
La Muestra N° 7.- proviene del depósito no explotado aun, que se ha denominado "La Numancia" (Partido de Tandil), próximo a esta localidad, ubicado a 13 Km. al NE del yacimiento anterior. Es un manto de arcilla de espesor no precisado, por encontrarse muy cubierto de derubio, aparentemente considerable; aflora sobre una ladera que da al S. y está coronado por cuarcitas. Este afloramiento se puede seguir a lo largo de unos 200 metros; está

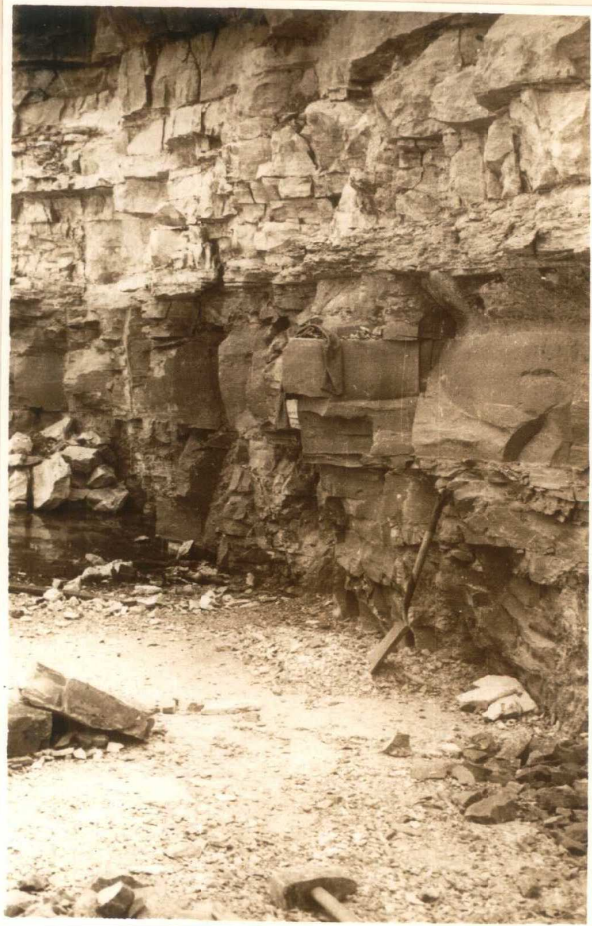
PERFIL ESQUEMATICO DEL YACIMIENTO SAN RAMON

FIGURA No 4



REFERENCIAS

-  Arcillita
-  Cuarcita



Fotog. No 1



Fotog. No. 2

finamente estratificado, presentando capas alternantes de distinto color, desde el blanco-amarillento, hasta el violáceo; lo más común es observar un color amarillento debido a los óxidos de hierro que impregnan este material en superficie, y que probablemente desaparece en profundidad, quedaría entonces la arcilita más pura y blanca. Esto no fue posible verificarse por falta de perforaciones, tampoco fue posible identificar el material sobre el cual se asientan, que con toda seguridad ha de ser cuarcita.

La Muestra N° 8.-procede de un frente de cantera que se encuentra en el extremo NW. de la localidad de "San Manuel" (Partido de Lobería). Aquí se encuentra un manto de material sumamente fino, de espesor considerable, que tiene un frente de 10 metros y que se continúa por debajo del piso, por lo que se considera que su espesor total es mayor aún. En el frente de forma semicircular de unos 25 metros de radio, se observa al material claramente estratificado, alternando capas de color gris verdoso, blanco y violáceo, observándose además señales evidentes de presión, ya que en algunos sectores está muy plegado. Se encuentra además, en la parte superior derecha del frente, grandes nódulos de un material de grano más grueso, de color violeta oscuro, con gran concentración de óxidos de hierro y magnesio; que son, los elementos que dan la coloración a gran parte del material, este manto está coronado por cuarcitas.

Las Muestras Nos. 9 - 10 - y 11.- provienen del yacimiento de "Los Pinos" (Partido de Balcarce), muy próximo a la localidad del mismo nombre. En este yacimiento se explotan cuarcitas, en las cuales se encuentran intercaladas, en forma irregular, capas de arcilita, de espesor muy variable y a veces de forma lenticular alar-

gada. En este yacimiento se ha tomado la muestra N° 9 del nivel más alto en el que se observa arcilita, la muestra N° 10 proviene de un nivel medio y la muestra N° 11, de un nivel de la base del frente. En la fotog. N°. 3, se puede observar claramente la estratificación muy marcada, justamente en los planos más evidentes es donde se encuentra la arcilita, acompañada de mica blanca en escamas muy brillantes. La altura del frente descubierto es de 50 metros, donde se encuentran cuatro intercalaciones de arcilita de importancia y unas 10 intercalaciones más, de menor importancia.

Las muestras Nos. 12- 13 y 14, proceden del yacimiento "Cerro Segundo" (Partido de Balcarce), en el flanco oriental de la Sierra de Bachicha. Este yacimiento es totalmente distinto a los anteriores, ya que se trata de un material arcilloso, producto de alteración del basamento. Se encuentra formando una franja de unos 45 metros de ancho, el color es blanco, apareciendo en algunos sectores colores amarillentos por impregnación de óxidos de hierro. En los bordes se puede ver la roca (Gneis Granstífero) en proceso de alteración. De este yacimiento se han tomado 3 muestras: la N°. 12 es del borde izquierdo, la N° 13 es del centro y la N°. 14 es del borde derecho del frente de explotación. Este muestreo se hizo con el fin de observar variaciones en la composición mineralógica y porcentual. En la parte superior derecha, el basamento está coronado por cuarcitas.

Las muestras Nos. 15 - 16 - 17 y 18, provienen de la zona de Chapadmalal y Peralta Ramos (Partido de Gral. Pueyrredón). La forma de yacencia de las arcilitas de esta zona es prácticamente la misma en todas las canteras en explotación, ya que se encuentran intercaladas entre las cuarcitas, formando delgadas capas,



Fotog. No 3

a veces lenticulares y de distribución irregular, presentando una marcada estratificación.

La muestra N° 15 proviene de la cantera "Los Curros"; la N°. 16 de la cantera "Defeudo"; la N°. 17. de la cantera "Iacusa", ésta se encuentra en su primera etapa de explotación. Y la N°. 18. proviene de la cantera "Santa Celina" que se halla situada en Peralta Ramos, esta última muestra es prácticamente una cuarcita con matriz arcillosa que ha sido tomada para ver el mineral de arcilla presente. Las fotografías N°. 4 y 5 muestran dos frentes de cantera, la primera corresponde a la Cantera Defeudo y la segunda al frente de la cantera Iacusa ambas en Chapadmalal, en esta última fotografía se puede observar en el ángulo inferior derecho, una pila de bloques de arcilita, seleccionados a mano, para ser transportados a los centros industriales de cerámica.

DESCRIPCION MEGASCOPICA DE LAS MUESTRAS:

Muestra N°. 1.- presenta una coloración amarillenta, es compacta, untuosa al tacto de grano muy fino, esta finamente estratificada, por cuyos planos se separa con relativa facilidad, es en estos planos donde a veces se observa una coloración amarillo oscura a rojizo, por la concentración de óxidos de Fe. Mn. y Mg. que son los causantes de la coloración de las arcilitas.

Muestras N°. 2.- Es de un color blanco grisáceo a verdoso, bandeado, que se encuentra alternando con la muestra N°. 3 La que presenta una coloración chocolate a violácea, debido a la presencia de óxidos tales como Fe. Mg. y Mn.; encontrándose además en algunas grietas que abarcan tanto a la muestra N° 2. como a la N°. 3, un material amarillo de naturaleza limonítica. Las dos muestras que pertenecen al mismo yacimiento, son muy untuosas al



Fotog. No. 4



Fotog. No. 5

tacto y de grano sumamente fino.

Muestra N°. 4.- Presenta un aspecto irregular, sin planos de estratificación visibles, nada más que la forma laminar dada por la disposición de las laminillas de arcilla, es muy compacta, de una coloración blanquecina a ligeramente verdosa, con una característica distintiva, la de ser muy sedosa al tacto y brillante; se observa además impregnaciones de $Mn O_2$.

Muestras N°. 5 y 6.- Las dos muestras son similares y proceden del mismo yacimiento, presentan una coloración gris oscura, con nódulos alargados según la estratificación, de color más claro. Es sumamente compacta y tenaz, observándose en su masa clastos de cuarzo de tamaño variable, los mayores alcanzan hasta 10 mm. siendo frecuentes los de 3 a 2 mm. Estos clastos se disponen al azar y tienen bordes angulosos, no presenta estratificación marcada, se rompe siguiendo superficies irregulares, a veces algo concoidales, las dendritas de manganeso son muy comunes en las superficies.

Muestra N° 7.- Esta muestra, presenta un color muy amarillento, que obedece a impregnación de óxido de Fe., es poco coherente, se disgrega fácilmente al presionar con los dedos, es áspera al tacto, sin planos de estratificación visibles, destacándose solamente clastos de tamaño mayor a la fracción fina, de colores claros, e impregnaciones de $Mn O_2$.

Muestra N° 8.- Presenta una coloración blanco grisácea, que alterna con bandas de un color violáceo oscuro. Se trata de un material sumamente fino muy untuoso al tacto, poco coherente sin planos de estratificación marcada, se ha encontrado que el color violáceo está dado por óxidos de Fe. y Mn.

Muestras N°. 10 - 11 y 12.- Estas tres muestras corres-

penden al mismo yacimiento y además tienen características similares. Presentan una coloración blanquecina a gris, con una marcada estratificación, muy compactas, se rompen en forma de lascas siguiendo los planos de estratificación en cuyas superficies se observan abundantes escamas de mica blanca muy brillante y algunas escamitas negras de grafito. Son muestras sumamente compactas, verdaderas arcillitas.

Muestras N°. 12 - 13 y 14.- Se trata de un material totalmente distinto, a las muestras descritas anteriormente, ya que proceden de un yacimiento formado por alteración de las rocas de basamento. Es de un color blanco, sumamente incoherente, se deshace a la más mínima presión de los dedos. En el yacimiento es posible observar la estructura de la roca que dió origen a este material; se puede ver una pseudomorfosis de los minerales de arcilla, según los feldespatos originales de la roca, e inclusive la disposición primitiva, observándose los cristales de cuarzo entre ellos; esta estructura original se rompe al ser tocada la muestra.

Muestras N°. 15 - 16 - 17 y 18.- Estas cuatro muestras, presentan un aspecto megascópico similar, además su forma de yacencia es la misma, razón por la cual se las describe como si fueran una sola. Presentan un color blanco, son compactas con marcadas superficies de estratificación, que son las que siguen las muestras al romperse, adquiriendo la forma de lascas; en las superficies de estratificación es posible observar abundantes escamas de mica blanca y pequeñas escamitas negras de grafito en poca proporción. Son untuosas al tacto en mayor o menor grado, según la fineza del material; a veces se encuentran alternando con finas capitas de cuarcita.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:

TECNICA EMPLEADA:

La granulometría de las muestras se realizó de la siguiente manera:

Una vez seleccionada la muestra, que se consideró representativa de cada una de los niveles de arcilita, descriptos en el capítulo anterior, se pesó en balanza analítica 20 gr. de muestra, cantidad que fué sometida a una rigurosa dispersión, controlando paso a paso, temperatura, Ph., etc, para evitar la coagulación o peptización de las suspensiones. En algunos casos no fue necesario agregar ningún reactivo para conseguir una total dispersión; en otros casos como en las muestras N°. 5 y 6, fue imposible su dispersión, aun con fuertes ataques químicos. En general casi todas las muestras se dispersaron agregando unas gotas de Hidróxido de Sodio 0,1 normal hasta un Ph 8. El control de la dispersión se realizó bajo un microscópio de polarización con máximo aumento. Una vez dispersadas las muestras, se trasvasaron a una probeta graduada de un litro y se enrrasó a este volumen; a la vez que se introducían las mismas en un baño de temperatura constante a 20° C. para que se cumpla la ley de Stokes- mantenida con un equipo termorregulador. A fin de evitar una mala distribución de la temperatura, se adaptó al baño una pequeña bomba cuyo objeto era el de hacer circular suavemente el agua y sin producir vibraciones. Dispuesto todo de esta manera se procedió ha realizar el pipeteo de las muestras, a interválos, alturas y volúmenes que se señalan en el cuadro siguiente:

Diametro en mm.	altura en cm.	Volumen en cm ³	Horas	Minutos	Segundos
1/16	20	20	0	0	58
1/32	10	20	0	1	56
1/64	10	20	0	7	44
1/128	10	20	0	31	00
1/256	10	20	2	3	00
1/512	10	20	8	10	00
1/1024	5	20	16	21	00
1/2048	5	20	65	25	00

Los volúmenes extraídos fueron cuidadosamente trasvasados a crisolas, previamente tarados, con precisión, hasta la cuarta cifra decimal; los cuales se introdujeron en una estufa a no más de 60° C. de temperatura, para evaporar el líquido sin producir proyecciones del material. Una vez totalmente seco el crisol, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se volvió a pesar con la misma precisión anterior, a fin de sacar por diferencia la cantidad de material para los cálculos posteriores.

Se ha tenido especial precaución en el proceso de preparación de la muestra, y su tratamiento posterior a la realización de las distintas pipeteadas. Considerándose que el exceso de álcalis para la dispersión, o al contrario un medio ácido, podía provocar la adsorción de cationes que modificarán los resultados para la determinación de las especies o mas aún de sus polimorfos. Se ha podido comprobar que trabajando en las condiciones descriptas, un medio ligeramente alcalino, la saturación de las valencias libres de las estructuras, con cationes sodio, no afectan los espaciados de las mismas y por lo tanto coinciden con los valores ya tabulados

en la bibliografía. Al mismo tiempo se prestó atención a los posibles cambios de las estructuras por pérdida del agua de cristalización; de allí la precaución de un secado lento y a temperaturas no mayores de 60°C.

Realizadas todas las pipeteadas, se lavó el contenido de cada una de las probetas sobre un tamiz 230, este lavado se hizo siempre con agua destilada y asegurando la total eliminación del material mas fino que la malla mencionada, luego se secó el sedimento retenido, el que fue tamizado utilizando la serie de tamices Standard U.S., que figuran en la tabla N° 1.

Se utilizó esta serie ($\sqrt[4]{2}$), que coincide en números enteros de valores PHI, con cada grado de la escala de Wentworth, como se detalla a continuación:

Grados Wentworth	PHI
m m.	
1	0
1/2	1
1/4	2
1/8	3
1/16	4
1/32	5
1/64	6
1/128	7
1/256	8
1/512	9
1/1024	10

La operación de tamizado, se realizó en una máquina tipo Rot-up, durante 15 minutos para cada muestra. El retenido en ca-

da tamiz, fue cuidadosamente recuperado y pesado, obteniéndose los porcentajes retenidos en cada tamiz; tanto estos como los obtenidos de las pipeteadas, se muestran en la Tabla N° 1.-

GRANULOMETRÍA DE LAS MUESTRAS (POR CIENTO)

TABLA N° 1

TAMIZ N°	18	35	60	120	230												
ABERTURA EN MM.	1.00	0.50	0.25	0.125	0.062	0.031	0.0156	0.0078	0.0039	0.00195	0.00098	0.00049					
ABERTURA EN FMI	0.0	1.0	2.0	4.0	8.0	16.0	32.0	64.0	128.0	256.0	512.0	1024.0					
MUESTRA N°																	
1				0.3	1.8	8.8	27.3	14.8	13.4	8.7	5.2	6.7	13.0				
2					2.0	6.8	20.8	13.9	14.6	15.4	12.2	7.7	6.6				
4				0.6	1.6	7.7	22.1	14.0	15.3	11.8	9.7	8.3	8.9				
7				0.7	3.2	24.1	26.6	13.7	12.1	7.6	4.1	2.1	5.8				
8						0.8	17.3	20.2	30.4	18.8	5.9	3.2	3.4				
10				0.5	2.1	8.8	27.1	15.9	14.0	13.2	9.6	4.0	4.8				
13		1.9	12.4	17.8	9.6	11.7	19.6	9.4	4.1	3.9	2.7	2.1	4.8				
15				0.3	4.5	41.9	28.6	6.0	4.7	4.4	1.8	2.9	4.9				
17				1.9	9.2	30.0	33.8	8.1	6.0	2.3	3.1	3.5	2.1				

HISTOGRAMAS:

Se realizaron los histogramas de todas las muestras, adjuntándose solamente, los mas representativos de las distintas granulometrias de los sedimentos.

En ellos es posible observar, los siguientes casos:

Todas las muestras son polimodales; la mayoría de ellas presentan dos modas, con la moda principal dentro de la fracción limo, existiendo además en todas las muestras una moda secundaria dentro de la fracción arcilla; la cual corresponde a los tamaños comprendidos entre 11 y 12 grados PHI. Solamente la muestra N° 2 posee esta moda secundaria entre los valores 8 y 9 grados PHI, es decir en el límite entre la fracción limo y arcilla.

CURVAS ACUMULATIVAS:

Para la construcción de las curvas acumulativas, se ha utilizado, la escala PHI, Krumbein, (1936). Se ha seguido este criterio, para facilitar los cálculos estadísticos, y comparar con las curvas obtenidas por otros autores, en sedimentos similares.

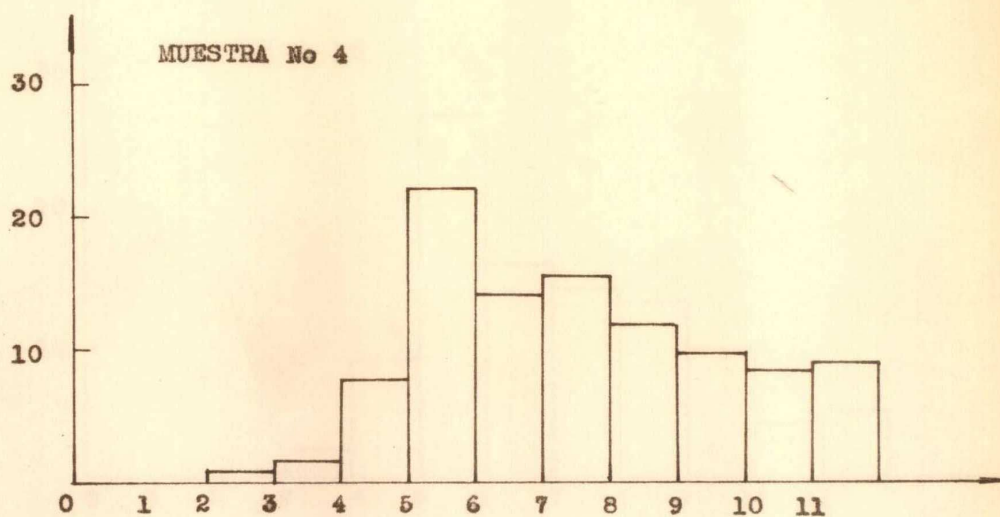
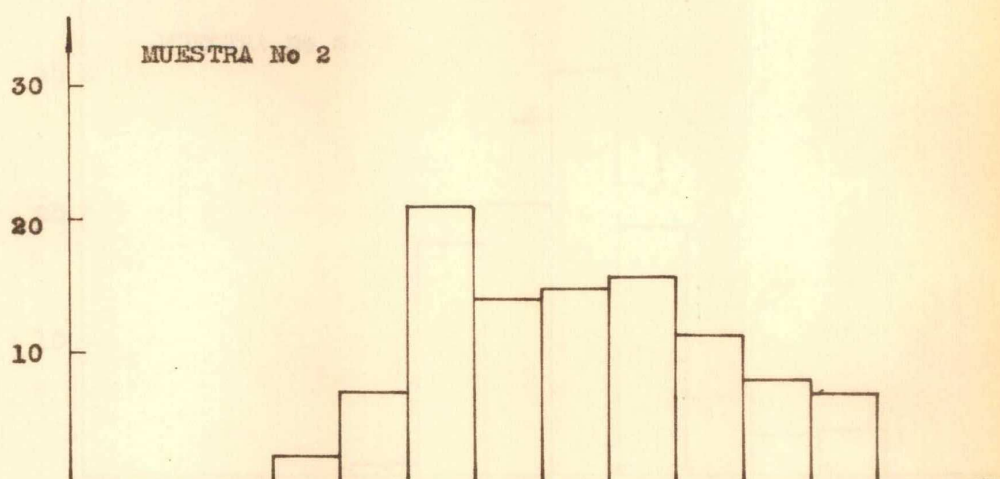
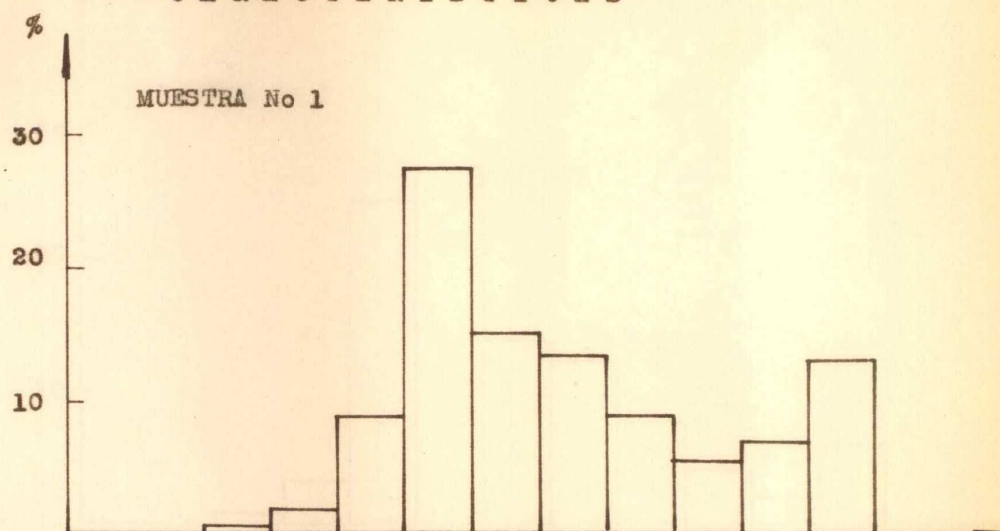
Las curvas obtenidas en su mayoría presentan cierta similitud. Sin embargo se pueden observar en algunas de ellas, ligeras diferencias, dadas por el aumento en el contenido de las fracciones finas (muestras N° 8 y 9), o como en el caso de la muestra N° 13, con alto contenido en la fracción arena.

PARAMETROS ESTADISTICOS:

Sobre las curvas acumulativas, se midieron los siguientes paramstros estadísticos: Mediana (M_d), y los Cuartiles (Q_1 y Q_3). Estos datos sirvieron para calcular la desviación PHI de los cuartiles ($QD \phi$); asimetría PHI de los cuartiles ($Sk_q \phi$). En base a los valores ($QD \phi$) hallados, se obtuvieron mediante un ábacó de conversión,

HISTOGRAMAS DE MUESTRAS

CARACTERISTICAS

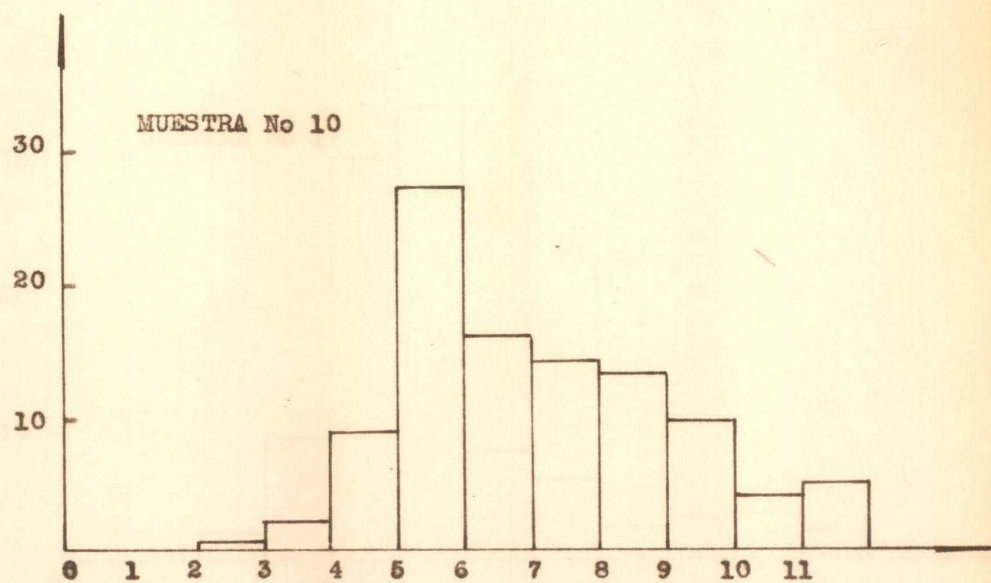
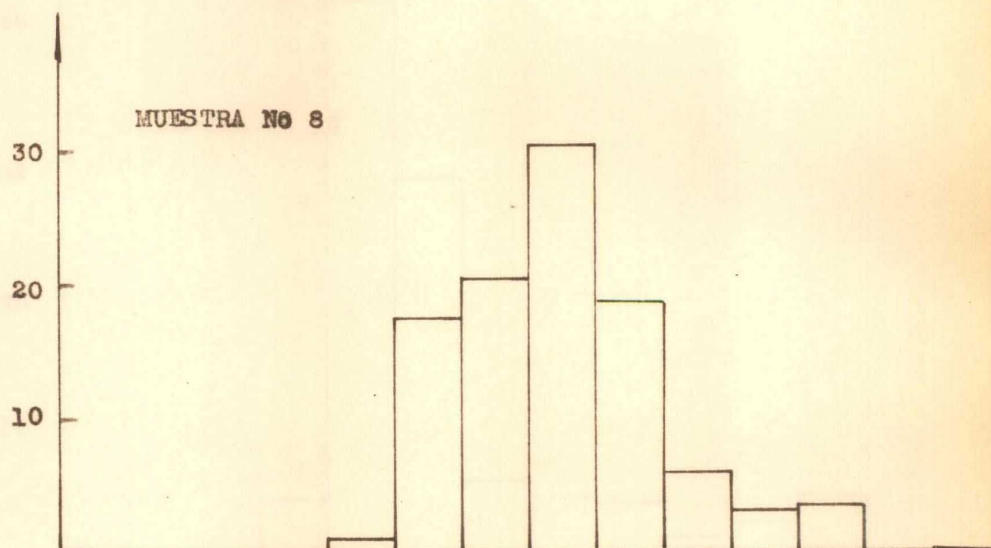
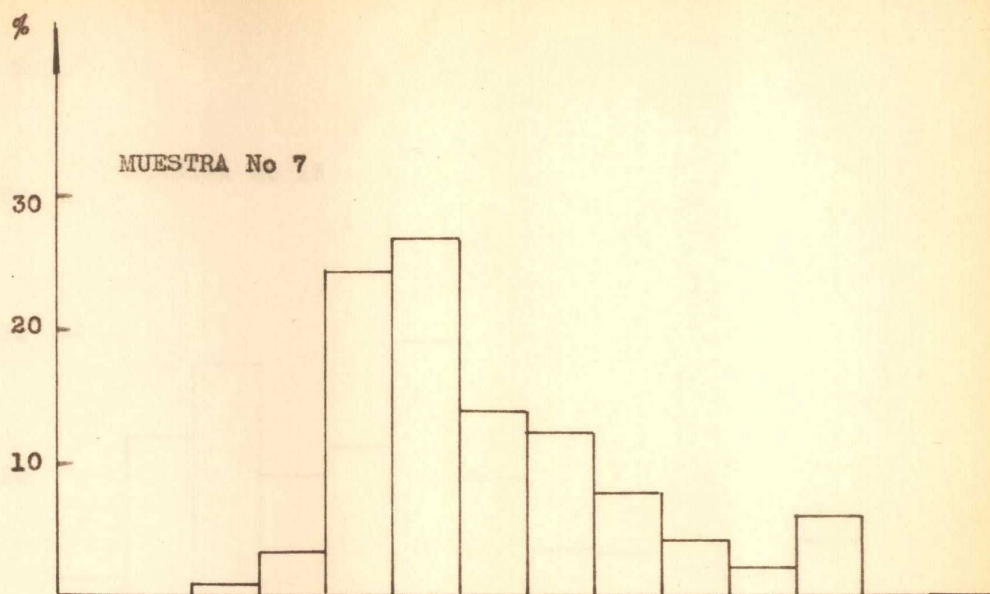


ARENA FINA

LIMO

ARCILLA

DIAMETROS EN ϕ

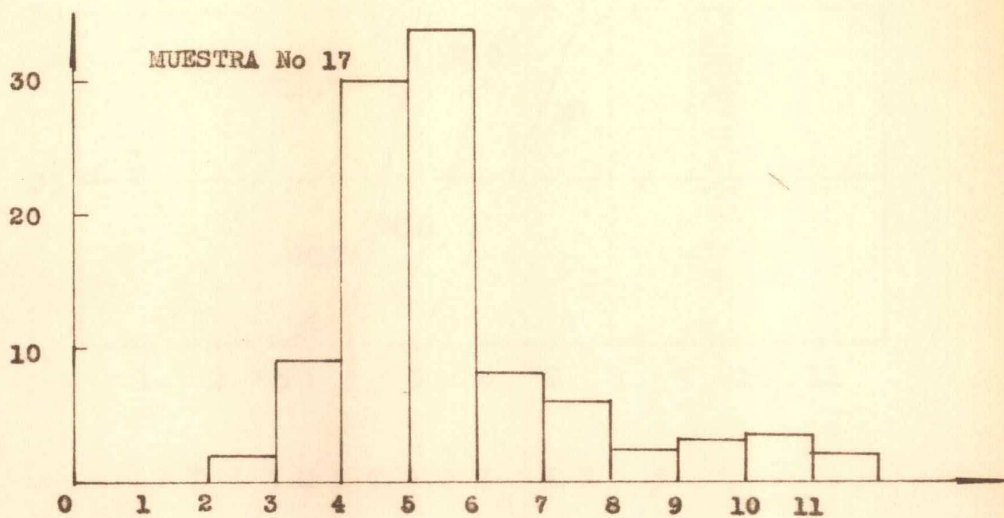
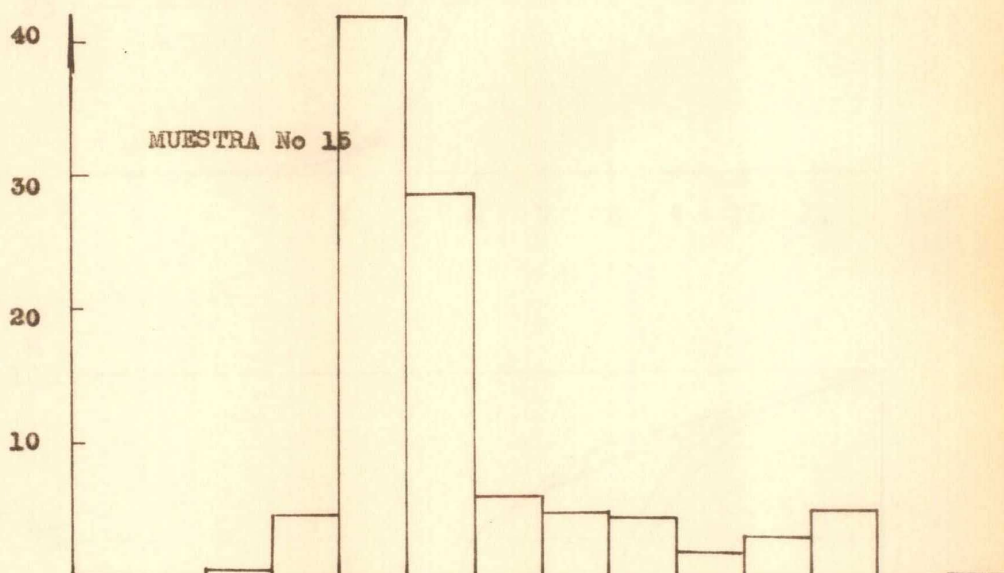
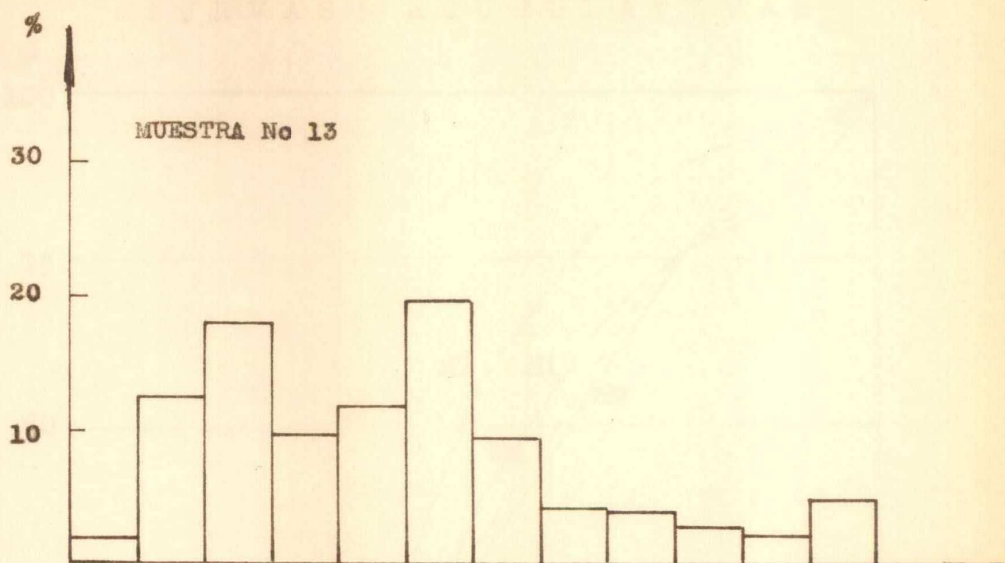


ARENA FINA

LIMO

ARCILLA

DIAMETROS EN φ



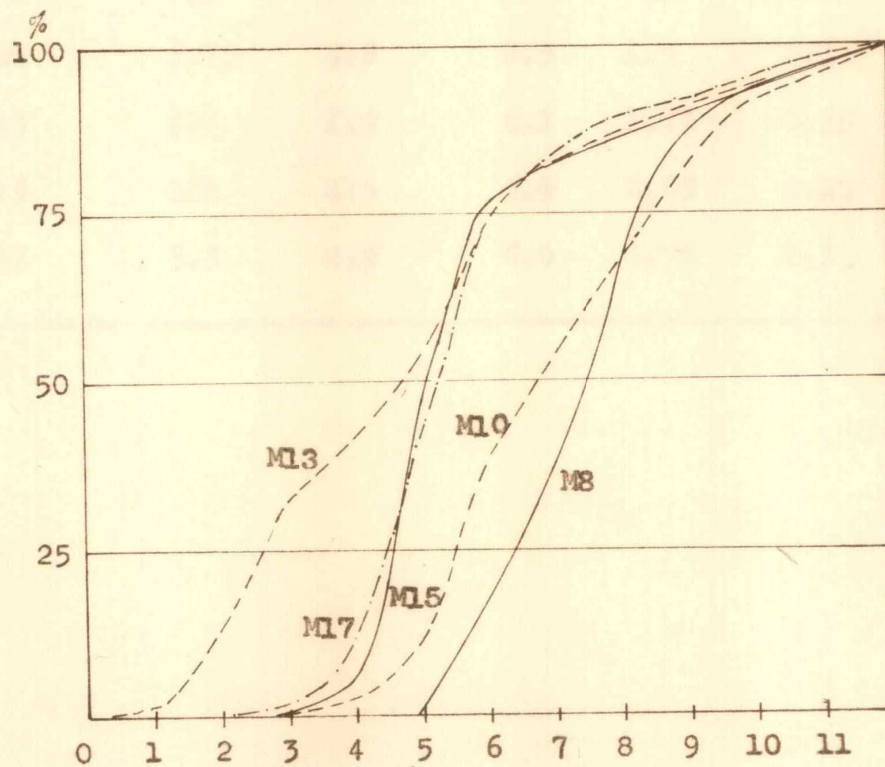
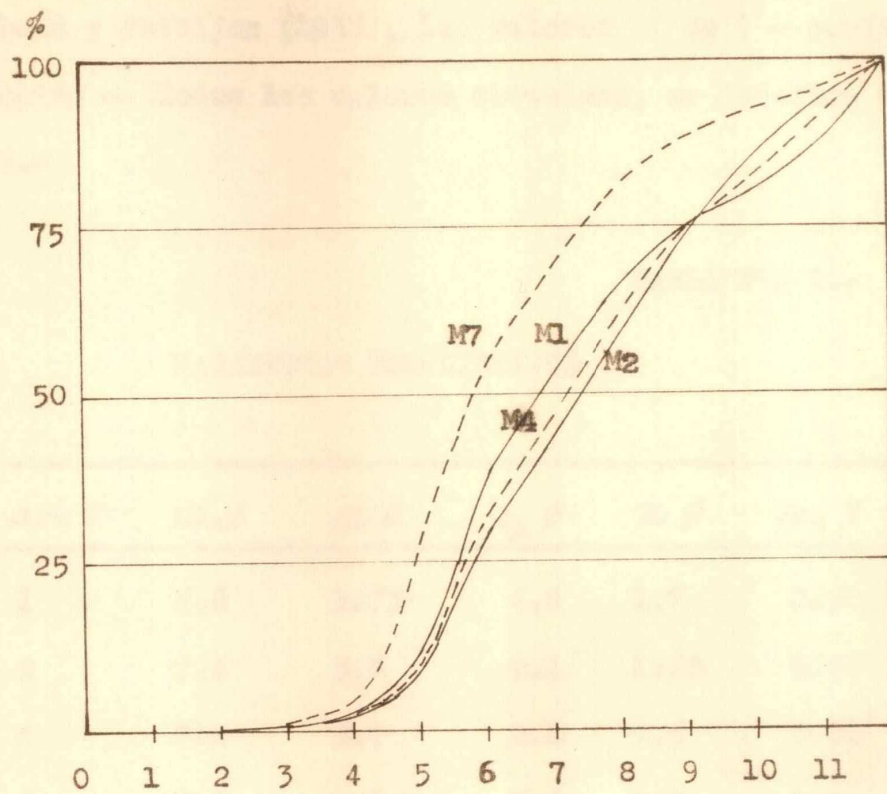
ARENA FINA

LIMO

ARCILLA

DIAMETROS EN ϕ

CURVAS ACUMULATIVAS



DIAMETROS EN Ø

Krumbein y Pettijon (1938), los valores (S_o) - coeficiente de selección -. Todos los valores obtenidos, se detallan en la tabla No. 2.-

TABLA N° 2.-

PARAMETROS ESTADISTICOS

Muestra N°	Md.Ø	Q1 Ø	Q3 Ø	QD Ø	Skq Ø	S o
1	6.8	5.75	9.0	1.7	0.5	3.22
2	7.4	5.8	9.1	1.65	0.05	3.18
4	7.2	5.7	9.1	1.6	0.02	3.02
7	5.8	4.9	7.4	1.3	0.4	2.44
8	7.5	6.4	8.25	0.95	-0.15	1.92
10	6.75	5.5	8.5	1.5	0.3	2.81
13	4.7	2.6	6.1	1.75	-0.35	3.38
15	5.1	4.6	5.9	0.65	0.15	1.56
17	5.3	4.5	6.0	0.75	0.1	1.67

Los valores de las medianas ($M_d \phi$), medidos sobre las curvas, oscilan entre 4,7 y 7,5 de ϕ que equivalen a diámetros de 38.5 y 5.5 micrones respectivamente, las muestras N°. 1-2-4-8 y 10 tienen su mediana alrededor de 7 ϕ (7,8 micrones) y las muestras N°. 7-13-15- y 17, tienen su mediana alrededor de 5 ϕ (31 micrones).

La desviación PHI de los cuartiles ($QD \phi$), se define como la separación en grados Wentworth, que media entre los dos cuartiles, o coeficiente de selección de Trask (1932). Se ha encontrado valores que varían entre 0,65 ϕ mínimo y 1,75 ϕ máximo, con sus correspondientes -So- de 1.56 y 3.38.

Considerando los valores obtenidos se puede ver que la selección es buena en las muestras Nos. 8 - 15 y 17, presentando las restantes una mediana a pobre selección. La mayor irregularidad se puede observar en la muestra N° 13 que corresponde al yacimiento "Cerro Segundo"

El término asimetría PHI de los cuartiles ($SK_q \phi$), es una medida, que indica si la curva correspondiente es simétrica ó no; equivaliendo geométricamente, en grados Wentworth, a la distancia que se encuentra la media de la mediana.

Los dos valores negativos encontrados, indican que la media se halla hacia las admixturas mas gruesas. Mientras que en los valores positivos la media se halla hacia las admixturas mas finas; siendo los valores mas próximos a cero, los que indican una simetría casi perfecta, (muestras Nos. 2 y 4).

CLASIFICACION GRANULOMETRICA DE LAS MUESTRAS:

Para la clasificación granulométrica se tomó como base, la escala de Wentworth (1922), modificada por Bonorino y Teruggi (1952).

Para ubicar las muestras se siguió el criterio del mismo autor, que para los sedimentos finos es el siguiente:

Porcentaje por grado	Denominación
Limo > arena > 10 , otros < 10	Limo arenoso
Limo > 80	Limo
Limo > arcilla > 10, otros < 10	Limo arcilloso
Arcilla > Limo > 10, otros < 10	Arcilla limosa
Arcilla > 80	Arcilla.

De acuerdo a esta nomenclatura, se encuentra que, la mayoría de las muestras analizadas, corresponden a Limos Arcillosos y Limos Arenosos; pero siempre con una fracción arcilla superior al 11 %.

Esto mismo encontraron, Keller y Ting (1950), al estudiar una lutita plástica de Perry Lora (Pensilvaniano) de Missouri, esta roca a pesar de ser muy plástica, contenía 74 % de limo y solo el 14 % de material del tamaño de arcilla; constituyendo el resto otros minerales. Los estudios de Millet (1949), también corroboran en este sentido, que, la fracción limo es la más importante de las lutitas y arcillitas y que la fracción arcilla, rara vez constituye más de un tercio de toda la roca.

Para una mejor apreciación, se adjunta la tabla N°. 3 con los porcentajes totales para cada fracción.

- Dada la irregularidad de las capas de arcillitas en los distintos yacimientos estudiados, se deja aclarado, que la granulometría es válida para el momento actual, en que se encuentran los mismos. Considerando las variaciones que pueden presentarse en depósitos

sedimentarios de este tipo, no es fácil preveer si las mismas mantendrán su uniformidad.

TABLA N°. 3

Composición porcentual

Muestra N°	Arena Fina	Limo	Arcilla
1	2,1	64,3	33,6
2	2,0	56,1	41,9
4	2,2	59,1	38,7
7	3,9	76,5	19,6
8	---	68,7	31,3
10	2,6	65,8	31,6
13	41,7	44,8	13,5
15	4,8	81,2	14,0
17	11,1	77,9	11,0

OBSERVACIONES AL MICROSCOPIO DE LAS FRACCIONES GRUESAS RETENIDAS
EN LOS TANQUES:

Se realizaron observaciones en microscopio de polarización, de los retenidos en los tamices 230, 120 y 60, de las distintas muestras analizadas granulométricamente.

Una descripción detallada de cada muestra significaría una repetición de los componentes minerales ya que no existen marcadas diferencias entre ellas, razón por la cual se han sintetizado las mismas en una sola descripción general.

La composición mineralógica de la fracción gruesa de estos sedimentos, es uniforme, encontrándose presentes, cuarzo como mineral predominante, en menor proporción feldespatos alterados y la muscovita, que en las muestras de la zona de Balcarlos y Chapadmalal, junto con el cuarzo, son los componentes mas abundantes. Como minerales accesorios, se encuentran Ciroón, apatita y turmalina y opacos, entre los que abundan hematita, magnetita y algo de pirita.

De caracteres distintos a las muestras anteriores es la N°. 13; en ella se encuentran los siguientes componentes:

El cuarzo que es el mas abundante, se presenta con aspecto límpido, de formas angulosas a sub angulosas y extinción ondulante poco marcada. Los feldespatos, principalmente el Microclino y Plagioclasas, se presentan alterados en productos arcillosos y sericitizados. Sigue en proporción la Muscovita, que se encuentra en escamas de diversas formas y tamaños. Finalmente se puede observar algunos clastos de calcita. Como minerales accesorios se encuentra ciroón y apatita, de forma prismática y gránulos de hematita y magnetita como opacos.

La consideración de esta muestra aparte, se hace en razón de tratarse de un producto de alteración de basamento in situ.

OBSERVACION DE CORTES DELGADOS:

A fin de poder observar la textura de las rocas, se realizaron cortes delgados, paralelos a la estratificación de las mismas. No fue fácil la obtención de dichos cortes delgados, no solo por la fineza del grano, si no también a la dispar resistencia que ofrecían los mismos, debido a su composición heterogénea. La técnica empleada - que dió resultados satisfactorios - consistió en: desbastar y pulir en un disco de papel esmeril en seco cada una de las muestras, finalizando el pulido en un disco forrado con un paño fino.

A continuación se describen las observaciones realizadas. No se han consignado los porcentajes de minerales, ya que en todos los casos predominan los arcillosos; correspondiendo el resto a proporciones no mayores de un 30 %.

MUESTRA N°. 1.-

Los minerales de las arcillas, cuyas laminillas se disponen en forma paralela, son los más abundantes en la proporción. Además de la fracción fina, se encuentra el cuarzo, de superficies limpidas, subredondeado, cuyo tamaño máximo es de 168 x 84 micrones, conservándose en los tamaños menores de 4 micrones. Las escamas de muscovita, son menos abundantes, alargadas y a veces flexionadas. Entre los minerales accesorios es abundante la hematita y el circón de hábito prismático con forma subredondeada.

MUESTRA N°. 4.-

En esta muestra es posible observar el material arcilloso sumamente fino, de un aspecto turbio, en el que no se distingue ninguna disposición u orientación especial, presentando una serie de impregnaciones oscuras probablemente producidas por óxidos de hierro. Distribuidas irregularmente en esta base, se observan abundan-

tes escamitas de muscovita, más bien cortas, poco desarrolladas. El cuarzo, se presenta en clastos de diversos tamaños, siendo los mayores de 126 x 70 micrones; poseen una superficie ligeramente turbia, de bordes subangulosos. Se hallan asociados con clastos de feldespatos potásico de igual tamaño, con superficies turbias producidas por la alteración en materiales arcillosos y sericita; sus bordes son subredondeados a redondeados. Como minerales accesorios se presentan circon en prismas y gránulos de minerales opacos dispersos en la preparación.

MUESTRA N° 5.-

El material arcilloso que forma la mayor parte de la roca, se encuentra finamente dividido, no fue posible distinguir ninguna orientación especial, ni siquiera en las laminillas de arcilla. Dentro de este material resaltan los clastos de cuarzo, de diversos tamaños, alcanzando los mayores a tener más de un milímetro de diámetro, siendo mas comunes como término medio los clastos de 0,2 mm. Presenta, las superficies limpias, sin inclusiones, los bordes son angulosos, lo que indica que no han sufrido transporte. Se destaca también la presencia de un mineral opaco, en cantidad apreciable, que se identificó como magnetita, se observó además una pequeña proporción de hematita. Debido a la imposibilidad de dispersar la muestra, por su elevado grado de compactación, se hizo el cálculo del porcentaje de los minerales presentes, con una platina de integración, obteniéndose los siguientes resultados:

Arcilla 80 %; Cuarzo 12 %, y Opacos 8 %.

MUESTRA N° 7.-

En esta muestra fué posible observar abundantes escamas de muscovita, la que presenta una cierta orientación paralela a la estratificación; luego se observan clastos de otro material, el

que se supone sea feldespato patásico sumamente alterado, ya que se encuentra casi totalmente reemplazado por sericita. El material arcilloso se halla dispuesto entre estos minerales sin ninguna orientación preferencial. Los accesorios presentes en esta muestra son: circón y hematita, con los caracteres descritos en las muestras anteriores.

MUESTRA N°. 10.-

La roca esta constituida esencialmente por finas escamitas de material arcillos, dispuestas paralelamente a la estratificación, distinguiéndose minerales de tamaños mayores, que en orden de abundancia son:

Muscovita.- Se presenta en finas laminillas alargadas de tamaños que superan el milímetro y que se encuentran orientadas paralelas a la estratificación.

Cuarzo.- Este mineral se presenta con superficies límpidas, cuyos clastos son de diversos tamaños, alcanzando los mayores, 168 x 70 micrones, manteniéndose hasta tamaños menores de los 5 micrones, se ha podido observar que los clastos de mayor tamaño presentan sus bordes más subredondeados y no así los de tamaños menores que más bien son angulosos.

Como accesorios se encontró turmalina, en prismas bien desarrollados de color verde; circón también prismático de bordes oscuros y como minerales opacos, hematita y magnetita.

MUESTRA N°. 17.-

El aspecto que presenta esta muestra bajo el microscopio, es similar a la descripta anteriormente. Se encuentra material arcilloso muy fino, con sus laminillas dispuestas paralelas a la

estratificación, existiendo, también abundantes láminas de muscovita con la misma orientación. Sigue en proporción, el cuarzo, que se encuentra en clastos de diversos tamaños, alcanzando los mayores a tener 145 x 84 micrones, observándose algunos de tamaño menores, inclusive por debajo de los 4 micrones; este mineral se presenta con sus bordes subredondeados a sub angulosos. Entre los minerales accesorios figuran turmalina en prismas alargados de color verde; magnetita y hematita, entre los opacos.

MINERALOGIA DE LAS ARCILLAS.

CONCEPTO DE MINERALES DE ARCILLA:

Durante muchos años algunos estudiosos de los materiales arcillosos, sugirieron que tales rocas estaban compuestas de partículas extremadamente pequeñas, de un limitado número de minerales cristalinos. Así Le Chatelier y Lowenstein, llegaron a esta conclusión en 1887 y 1909, respectivamente. Alrededor de los años 1920 a 1925 quedó confirmada tal suposición. De modo que el concepto de mineral de arcilla no es nuevo y a partir de 1952 ha quedado firmemente establecido y aceptado el concepto enunciado por Le Chatelier y Lowenstein.

En 1923, Hadding en Suecia y en 1924 Rinne en Alemania, trabajaron independientemente, publicando los primeros análisis de minerales de arcillas por difracción de Rayos X. Ambos investigadores encontraron material cristalino en la fracción fina de una serie de arcillas. Después de 1924 se sucedieron los estudios de Byers, Ross, Marshall, Kerr, Hendricks, Bradley, Pauling, etc, investigando la estructura de los minerales de las arcillas, intensificándose así, los métodos de difracción de Rayos X, microscopía electrónica y análisis térmico diferencial.

En el presente estudio se realizó la mineralogía de las arcillas, poniendo en práctica las últimas técnicas logradas por difracción de Rayos X, microscopía y difracción de electrones y análisis térmico diferencial.

ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X:

La técnica empleada para los análisis por difracción de Rayos X, consistió en dispersar las muestras correctamente, de las cuales se separó por pipeteo, la fracción menor de 4 micrones. Concentrada suficiente muestra, se sedimentó sobre portaobjetos, evaporando el agua que llevaba en suspensión al material arcilloso. Dicha evaporación fue sumamente lenta, a temperatura ambiente para lograr una mejor orientación de las laminillas de arcilla por sus planos paralelos a (001).

Los Equipos utilizados, fueron Difractómetros Philips, realizándose los diagramas de las muestras orientadas en el goniómetro, el cual era previamente alineado.

Todos los diagramas fueron obtenidos con radiación de Cu. ($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$), filtro de Ni. a 40 Kv. y 18 M.A. de potencial. Velocidad angular de $1^\circ 2'$ por minuto, con un radio de goniómetro de 17 cm. El factor de escala se indica en cada caso, ya que fue necesario variar el mismo en algunas muestras. Se trabajó con multiplicidad 1, tiempo constante 4 segundos y contador de voltaje proporcional de 1470 v.d.c. El recorrido se realizó desde los 4 grados hasta los 62 grados 2θ que corresponden a espaciados de 22 \AA y 1.49 \AA respectivamente. No se realizaron diagramas con mayor valor angular, ya que en la zona indicada aparecen prácticamente todas las reflexiones necesarias para la identificación.

Se prepararon 3 portabbbjetos, con la misma muestra, para ser analizados: el primero como muestra sin tratar; el segundo fue sometido a un ambiente saturado de etilen glicol, esto se consiguió, manteniendo la muestra en un recipiente con un portamuestra, en cuya base se encontraba el etilen glácol, en una estufa a 60° C. durante 2 horas. La muestra así tratada se usó como muestra glicolada. La tercer muestra fue colocada dentro de un horno eléctrico a una temperatura de 550° C. durante 2 horas, al cabo de las cuales fué enfriada lentamente en un ambiente anhidro, usándose como muestra calcinada.

Siempre se dispusieron las operaciones de tal manera, de poder realizar los 3 diagramas uno a continuación del otro; manteniendo las condiciones del equipo invariables, para poder así comparar los espaciados e intensidades de las muestras sin tratar, glicolada, y calcinada. Para la identificación de los minerales de las arcillas se tuvieron en cuenta, en primer término los diagramas y espaciados de muestras patrón, dadas por Molloy, M.W. y Kerr, P.F. (1961), Brindley (1951), Brawn, G. (1961), Grim, R.E. (1953) y las fichas del A.S.T.M.

A esta bibliografía se remite al lector interesado en detalles de estructura y mayores datos de difracción de Rayos X, Ya que la abundante bibliografía no permite realizar una síntesis de la misma.

INTERPRETACION DE LOS DIAGRAMAS DE DIFRACCION DE RAYOS X

MUESTRA N° 1.-

En esta muestra se identificó como mineral de arcilla Illita y como mineral no arcilloso Cuarzo.

En el diagrama de la muestra sin tratar, la primera reflexión se encuentra en $8.85^\circ 2\theta$, correspondiéndole un espaciado de 10 \AA , de la Illita, la forma del pico es ligeramente asimétrica y corresponde al plano (001). La segunda reflexión se encuentra en $17.78^\circ 2\theta$ correspondiéndole un espaciado de 4.99 \AA también de Illita perteneciente al plano (002), sigue la reflexión de $19.75^\circ 2\theta$ con 4.49 \AA a la que sigue una reflexión en $26.8^\circ 2\theta$ con un espaciado de 3.33 \AA . correspondiente al plano (003) ambas de Illita en esta última reflexión se presenta el problema de superposición con el espaciado 3.34 \AA del cuarzo, lo cual le da una intensidad mayor. A esta reflexión le suceden una serie de picos pertenecientes a Illita y Cuarzo, tal como figura en el diagrama adjunto.

En la muestra glicolada, si bien los espaciados no varían, se puede observar un pequeño aumento en las intensidades. Los espaciados, como se puede verificar, se mantienen constantes en las tres muestras; sin tratar, glicolada y calcinada.

MUESTRA N° 2.-

Se identificó como mineral de las arcillas: Illita y como mineral no arcilloso: Cuarzo.

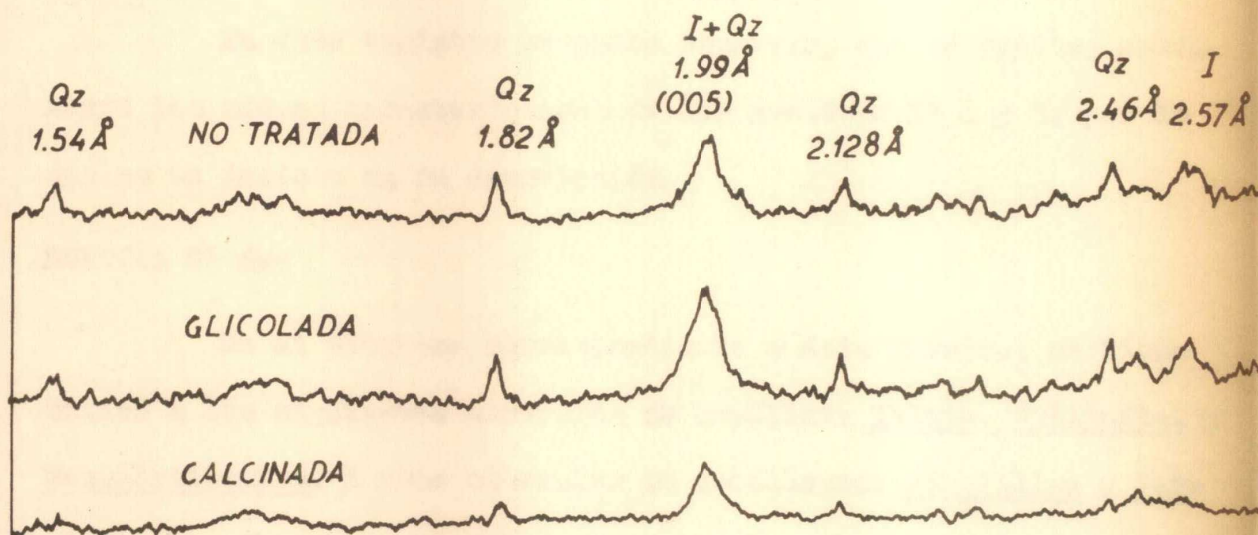
En esta muestra se repiten exactamente los valores de la muestra N°. 1, con la salvedad, de que existe una mayor proporción de cuarzo, lo cual se puede visualizar perfectamente en el diagrama, donde la intensidad de la reflexión 4.26 \AA de cuarzo, es casi 2 ve-

MUESTRA N° 1

PROC: YACIMIENTO LA LOSA

PARTIDO DE OLAVARRIA

MIN. IDENTIFICADOS: ILLITA Y CUARZO

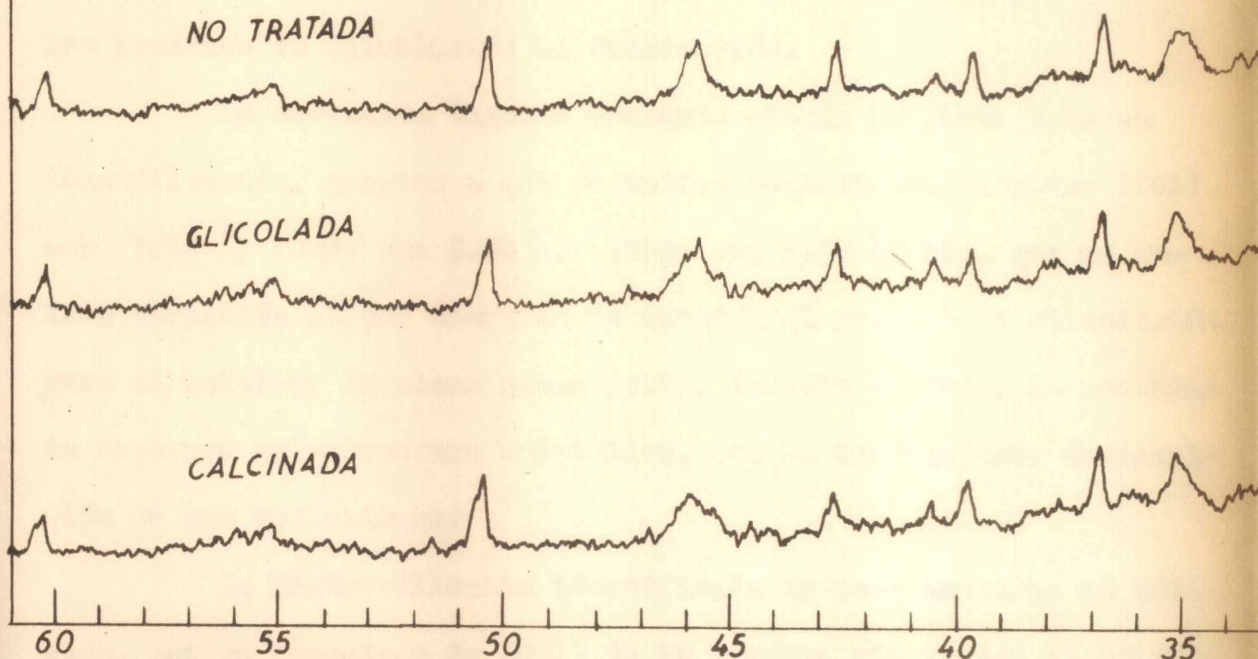


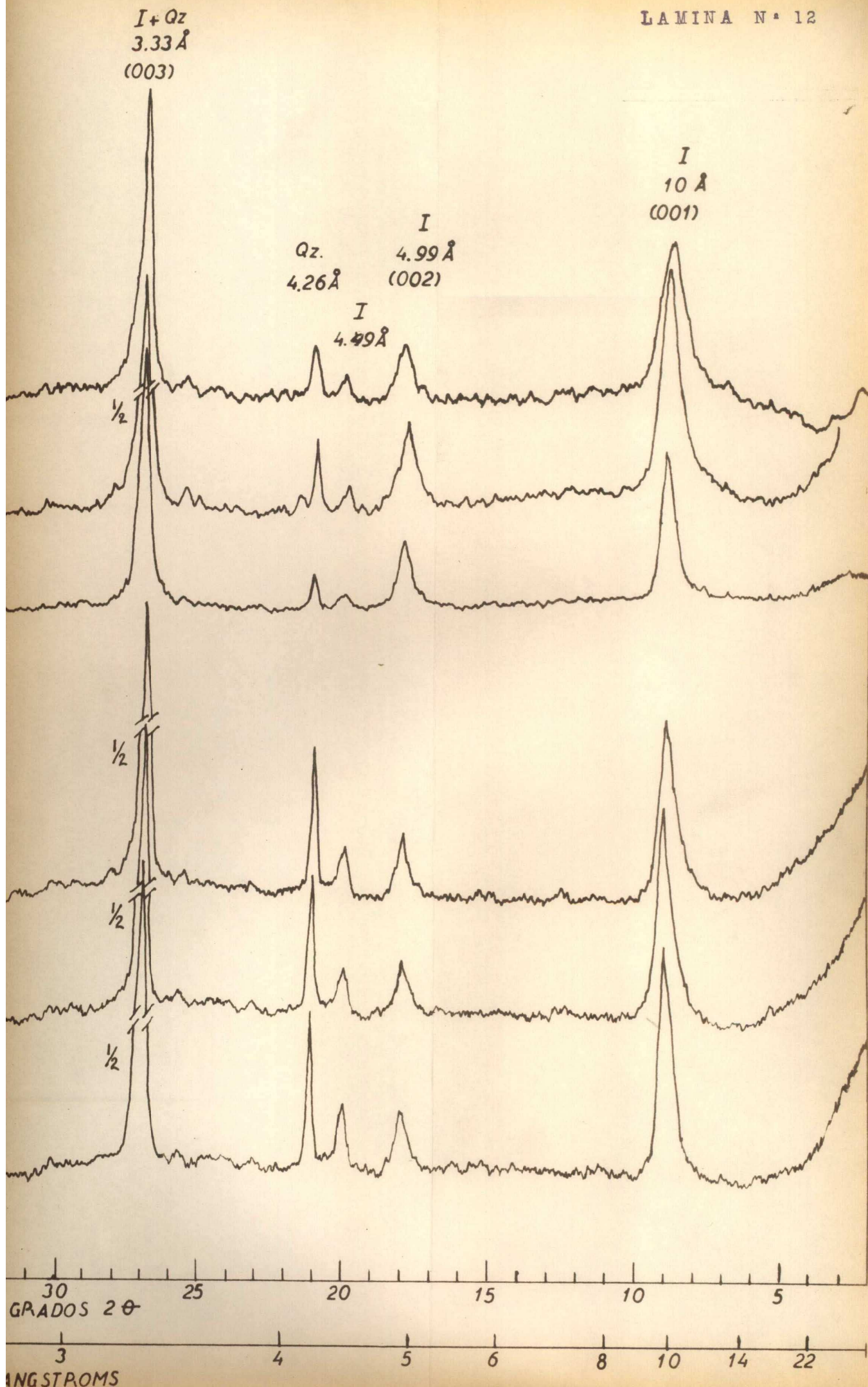
MUESTRA N° 2

PROC: YACIMIENTO CERRO NEGRO

PARTIDO DE OLAVARRIA

MIN: IDENTIFICADOS: ILLITA Y CUARZO





ces mayor que en la primera muestra.

MUESTRA N° 3.-

Se identificó en este diagrama como mineral arcilloso:

Illita y como mineral no arcilloso: Quarzo.

En este registro se puede observar, que se repiten nuevamente las mismas características de las muestras N° 1 y 2. por lo que no se insiste en su descripción.

MUESTRA N° 4.-

En el diagrama correspondiente a esta muestra, se identificó a los siguientes minerales de arcillas: Illita, Caolinita, y Montmorillonita. Y como minerales no arcillosos: Pirofilita y Verniculita. Como se puede observar en esta muestra, hay una verdadera mezcla de minerales, que inclusive presentan problemas de interstratificación.

La Illita está perfectamente definida por sus reflexiones basales: (001) con 10 \AA ; (002) con 4.99 \AA ; (003) con 3.32 \AA , etc. todas estas reflexiones, no son modificadas en absoluto por los procesos de Glicolación ni Calcinación.

La Caolinita tampoco presenta ningún problema para su identificación, gracias a sus definidas reflexiones basales: (001) con 7.14 \AA ; (002) con 3.58 \AA ; (003) con 2.38 \AA ; etc. que no sufren variación al ser sometida la muestra al proceso de glicolación, pero al calcinar la misma hasta 550°C . durante 2 horas, la caolinita destruye su estructura cristalina, con la consiguiente desaparición de sus reflexiones.

La Montmorillonita identificada en esta muestra, es cálcica, por su espaciado de (001) de la muestra sin tratar en 15.5 \AA .

Nagelschmidt (1936) y Hofmann y Bilke (1936), siguen a esta reflexión otras en 4.58 \AA ; 3.24 \AA ; 306 \AA etc. La confirmación en este sentido se obtienen con el aumento del espaciado en la muestra glicolada del plano (001) a 17.1 \AA , el mismo que al ser calcinada la muestra, vuelve a confundirse con el de 10 \AA de Illita.

La Pirofilita, no presenta dudas en su identificación, ya que se puede leer perfectamente los 5 espaciados basales que corresponden: a (201) con 9.17 \AA ; (002) con 4.58 \AA ; (003) con 3.06 \AA ; (004) con 2.295 \AA y (005) con 1.83 \AA ; que coinciden con los espaciados consignados en la bibliografía. Estos espaciados se mantienen constantes durante los procesos de glicolación y calcinación de la muestra.

Finalmente la vermiculita, presenta ciertos problemas en su identificación. Esto puede deberse a fenómenos de interestratificación, lo cual es difícil establecer por la abundancia de otros minerales de arcillas y la reducida proporción en que se encuentra este mineral. Sin embargo, hay elementos suficientes para identificarla, tales como sus espaciados característicos que son: (002) con 14.2 \AA ; (006) con 4.72 \AA ; (008) con 3.53 \AA ; (0010) con 2.82 \AA , que no coinciden con otros minerales de las arcillas.

MUESTRA N° 5 y 6.-

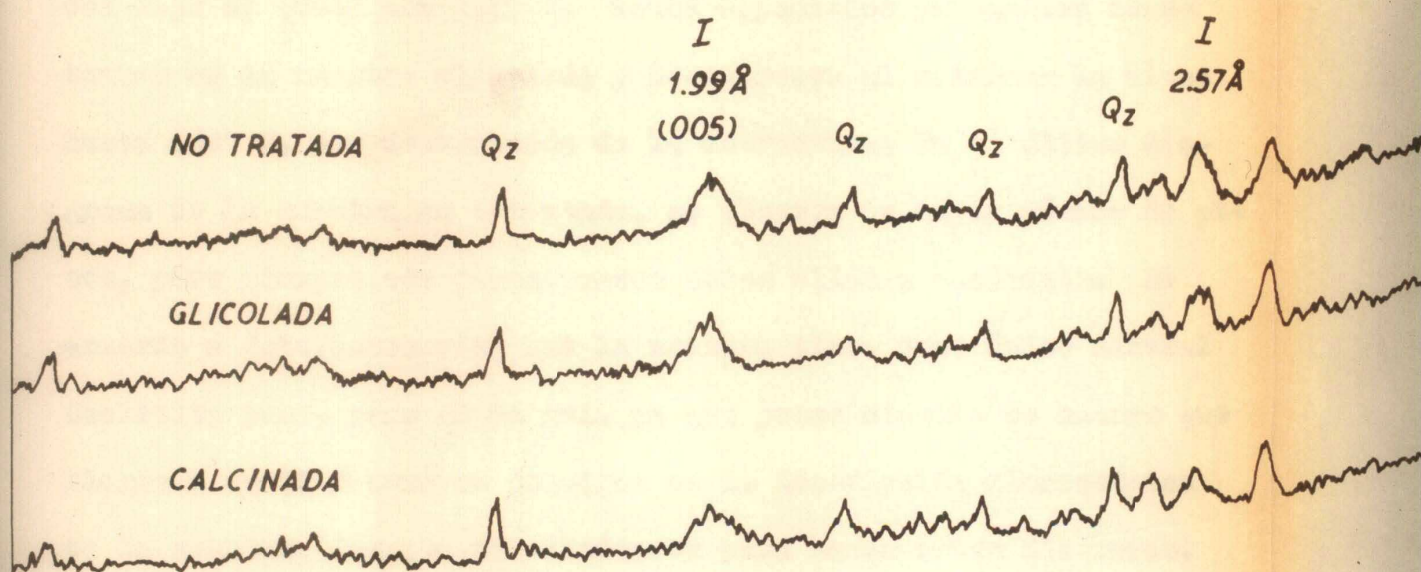
Se consideran estas dos muestras juntas, porque en su identificación, se encontró como único mineral de arcilla presente en ellas Caolinita. Proceden del mismo yacimiento, pero de distinto lugar, una es del frente de cantera y la otra del interior de la galería. Dadas estas características, se representan en el cuadro adjunto, los siguientes diagramas: 1.- Muestra sin tratar,

MUESTRA N° 3

PROC: YACIMIENTO CERRO NEGRO

PARTIDO DE OLAVARRIA

MIN. IDENTIFICADOS: ILLITA Y CUARZO

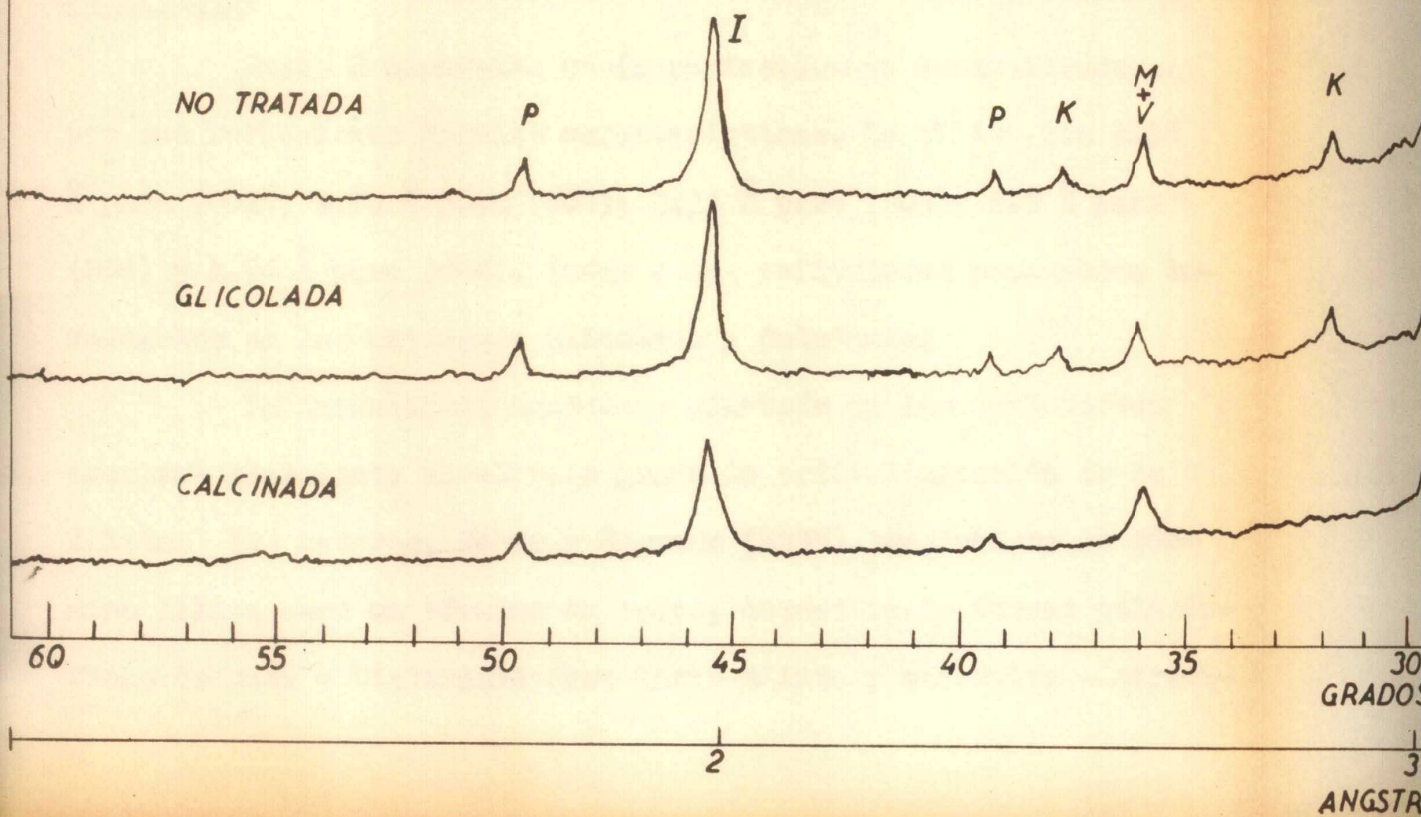


MUESTRA N° 4

PROC: YACIMIENTO BARKER

PARTIDO DE JUARES. MIN. IDENTIFICADOS:

ILLITA-CAOLINITA-PIROFILITA-VERMICULITA-MONTMORILLONITA



2.- Muestra glicolada, 3.- Muestra calcinada y 4.- Muestra total no orientada.

La identificación de la caolinita, tal como se puede observar en los diagramas correspondientes, se realizó en base a las reflexiones basales de (001) con 7.15 \AA ; (002) con 3.58 \AA ; (003) con 2.38 \AA ; (004) con 1.79 \AA , estos espaciados permanecen constantes en la muestra glicolada y desaparecen al calcinar la misma hasta 550° C , por destrucción de la estructura. En el último diagrama de la muestra no orientada, se observa un mayor número de picos, pero siempre correspondientes todos ellos a caolinita. De acuerdo a esto, parecería que la muestra tiene como único mineral Caolinita pura, pero no es así, ya que posee clastos de cuarzo que llegan a un 12 % como se consigna en la descripción microscópica de la muestra, los que se eliminaron para hacer estos diagramas.

MUESTRA N° 7.-

Mineral de arcilla identificado: Illita, y no arcilloso Pirofillita.

Estos 2 minerales están perfectamente identificados, por sus reflexiones basales características. La Illita con 9.96 \AA para (001); 4.99 \AA para (002); 3.33 \AA para (003); 2.5 \AA para (004) y 1.84 \AA para (005). Todas estas reflexiones permanecen invariables en las muestras: Glicolada y Calcinada.

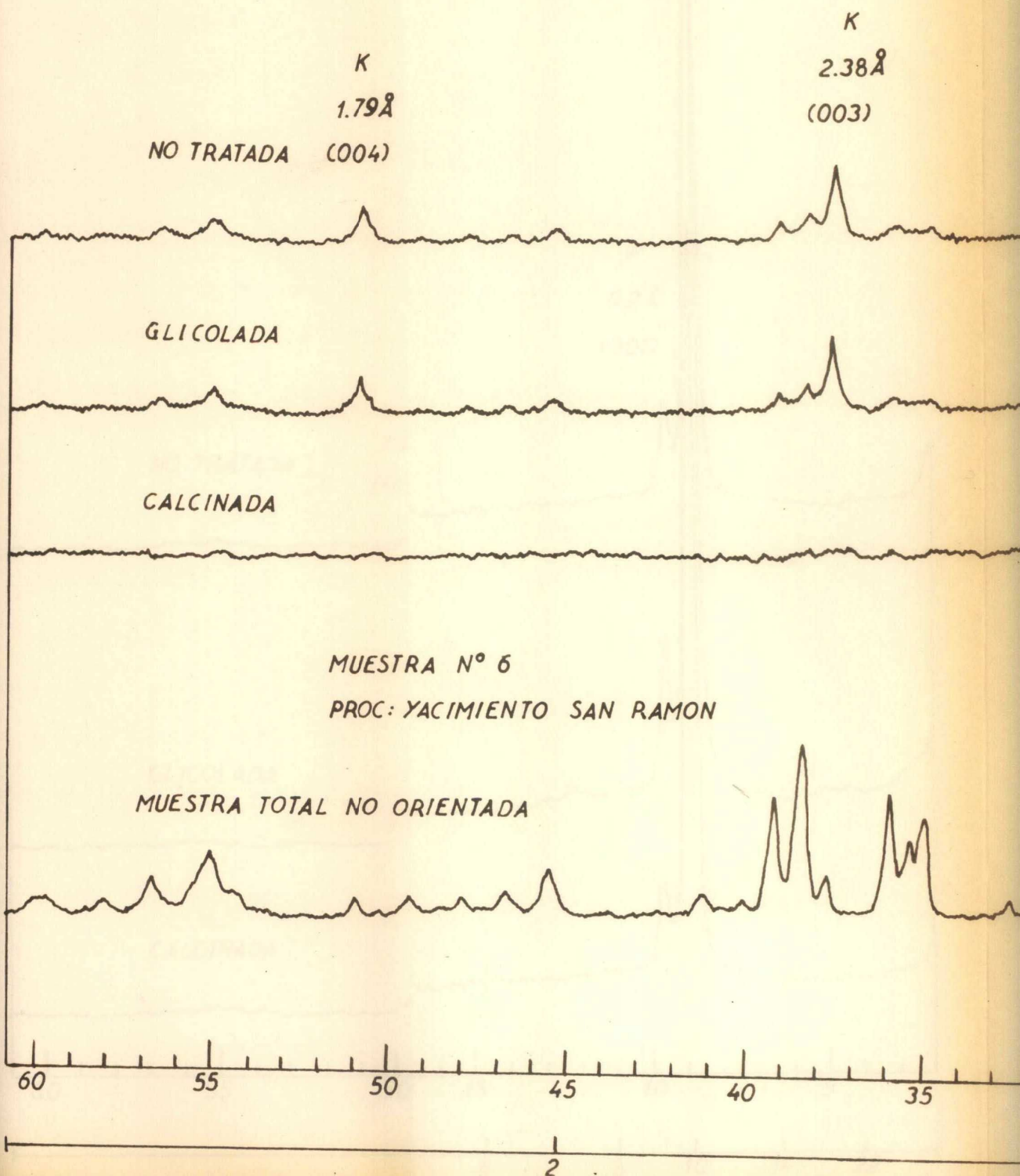
La intensidad, agudeza y simetría de las reflexiones muestran claramente el elevado grado de cristalinización de la Illita. Los autores, Yoder y Eugster (1955), sugirieron el término Illita como un término de campo, describiendo formas polimórficas de mica - Distinguiéndose entre illita y muscovita - serici-

MUESTRA N° 5

PROC: YACIMIENTO SAN RAMON

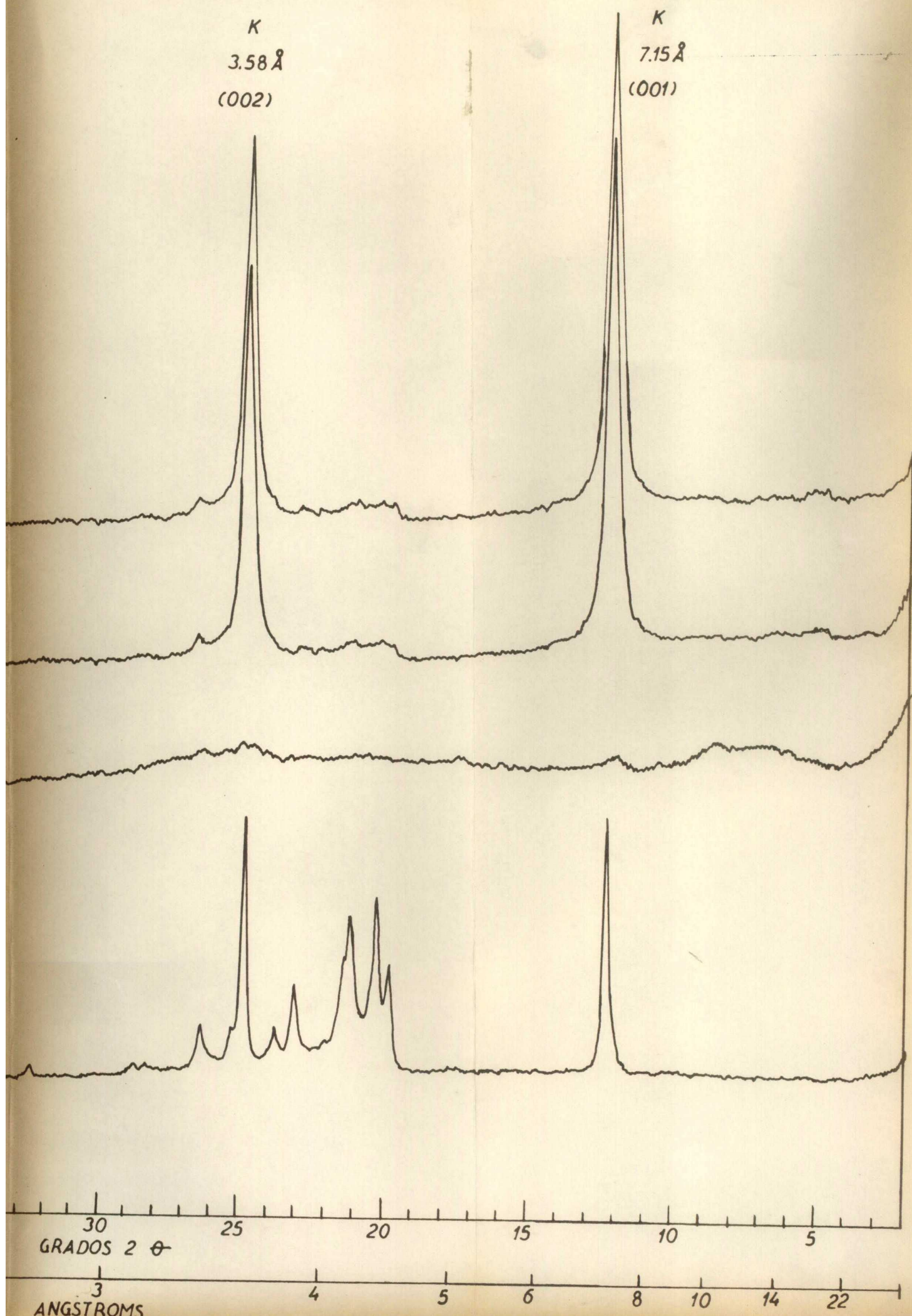
PARTIDO DE NECOCHEA

MIN. IDENTIFICADO : CAOLINITA PURA



K
3.58 Å
(002)

K
7.15 Å
(001)

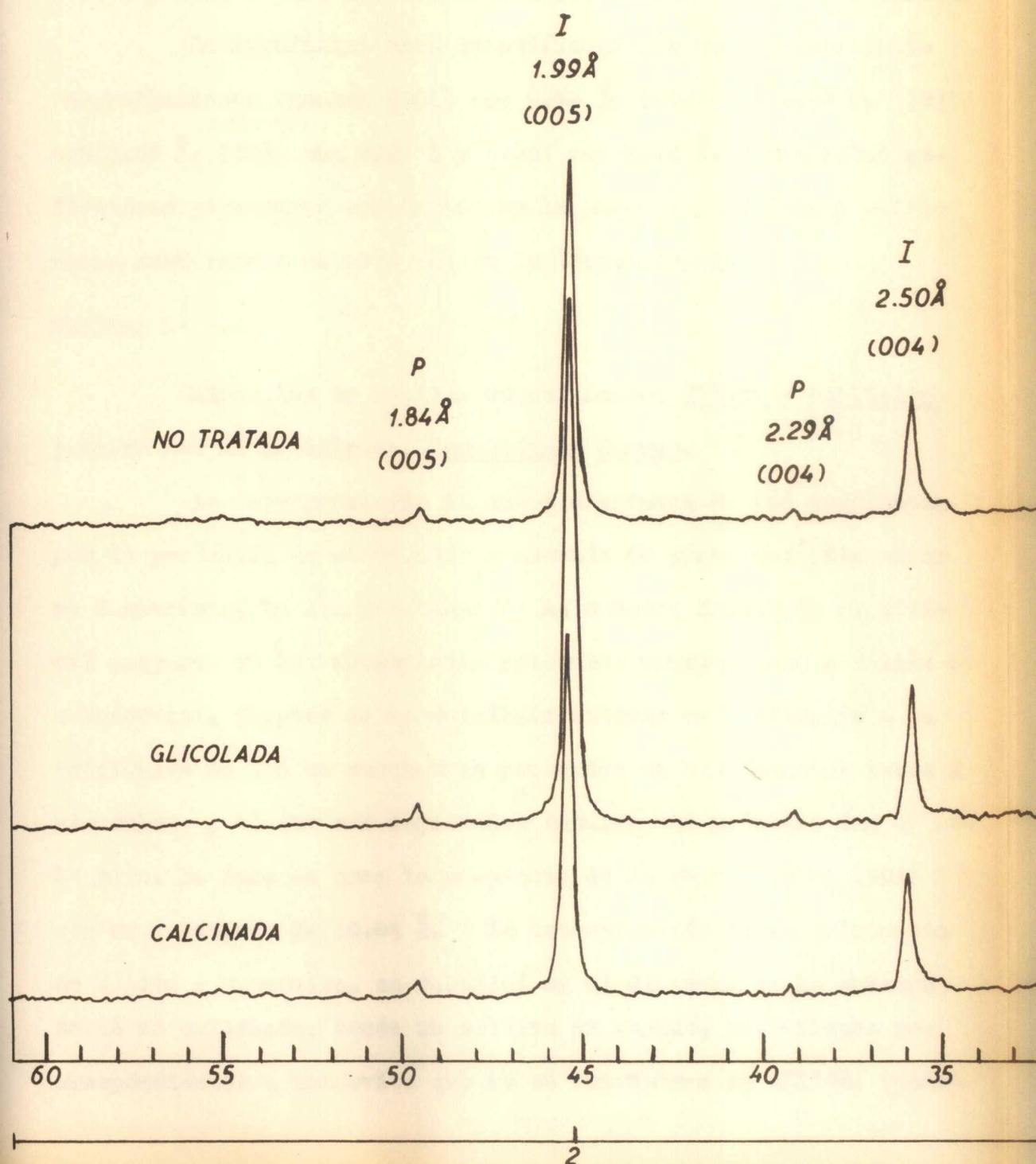


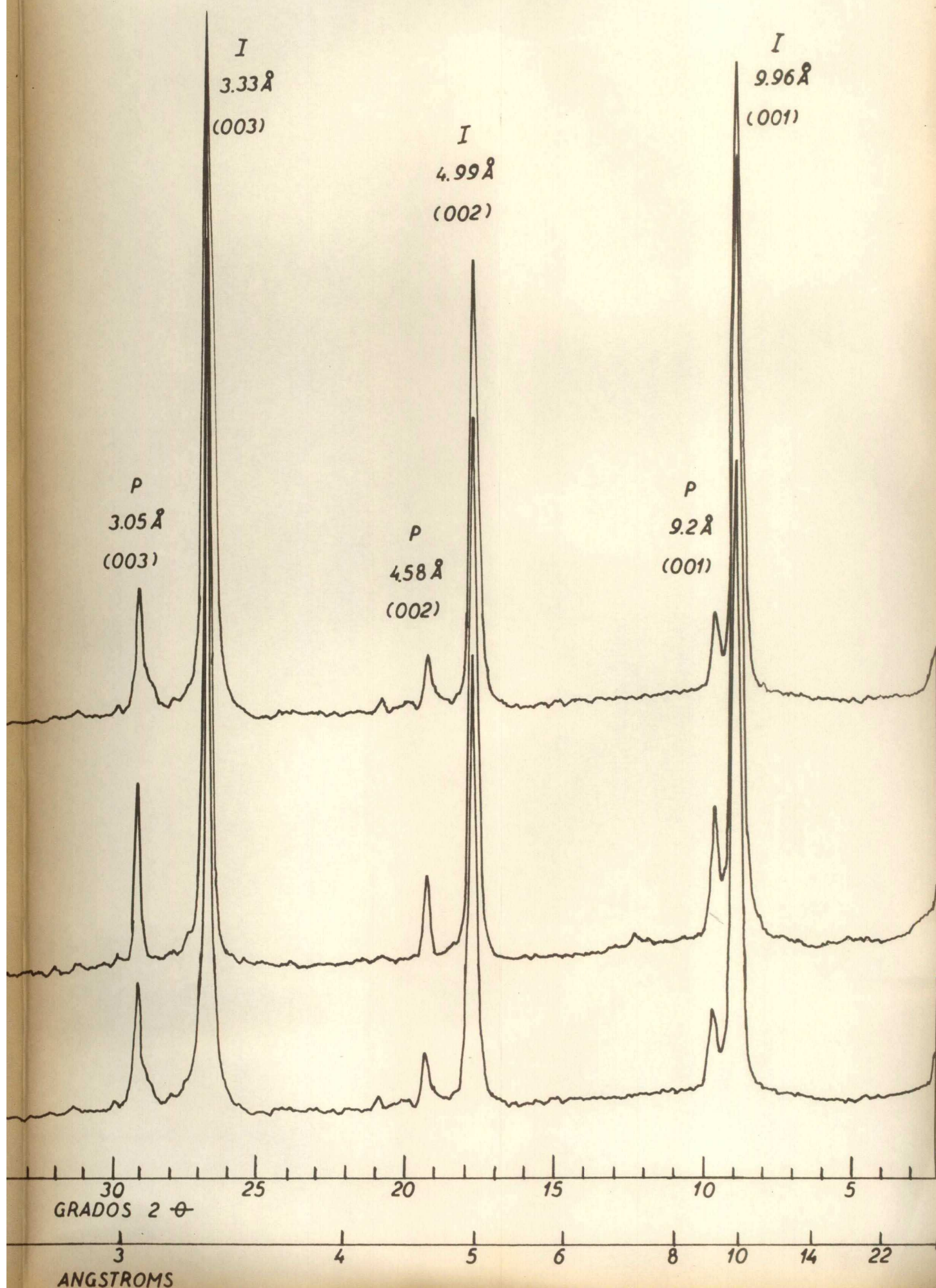
MUESTRA N° 7

PROC: YACIMIENTO LAS NUMANCIAS

PARTIDO DE TANDIL

MIN. IDENTIFICADOS: ILLITA Y PIROFILITA





ta, en los diagramas de difracción, por dar la muscovita - sericita, picos agudos y altos, y la illita más bien chatos y algo anchos. En esta muestra los espaciados están lejos de coincidir con los de muscovita, a pesar de ser los picos agudos. Por ejemplo (001) y (003) para muscovita tienen un espaciado de 10.08 \AA y 3.36 \AA respectivamente. y los valores obtenidos en el diagrama son de 9.96 \AA y 3.33 \AA para los mismos planos, que corresponden a illita.

La Pirofillita está identificada por sus características reflexiones basales (001) con 9.20 \AA ; (002) con 4.58 \AA ; (003) con 3.05 \AA ; (004) con 2.29 \AA y (005) con 1.84 \AA . Todas estas reflexiones permanecen constantes en la muestra glicolada y calcinada, confirmando de esta manera la identificación.

MUESTRA N° 8.-

Minerales de arcilla identificados Illita y Caolinita y entre los no arcillosos, Muscovita y Cuarzo.

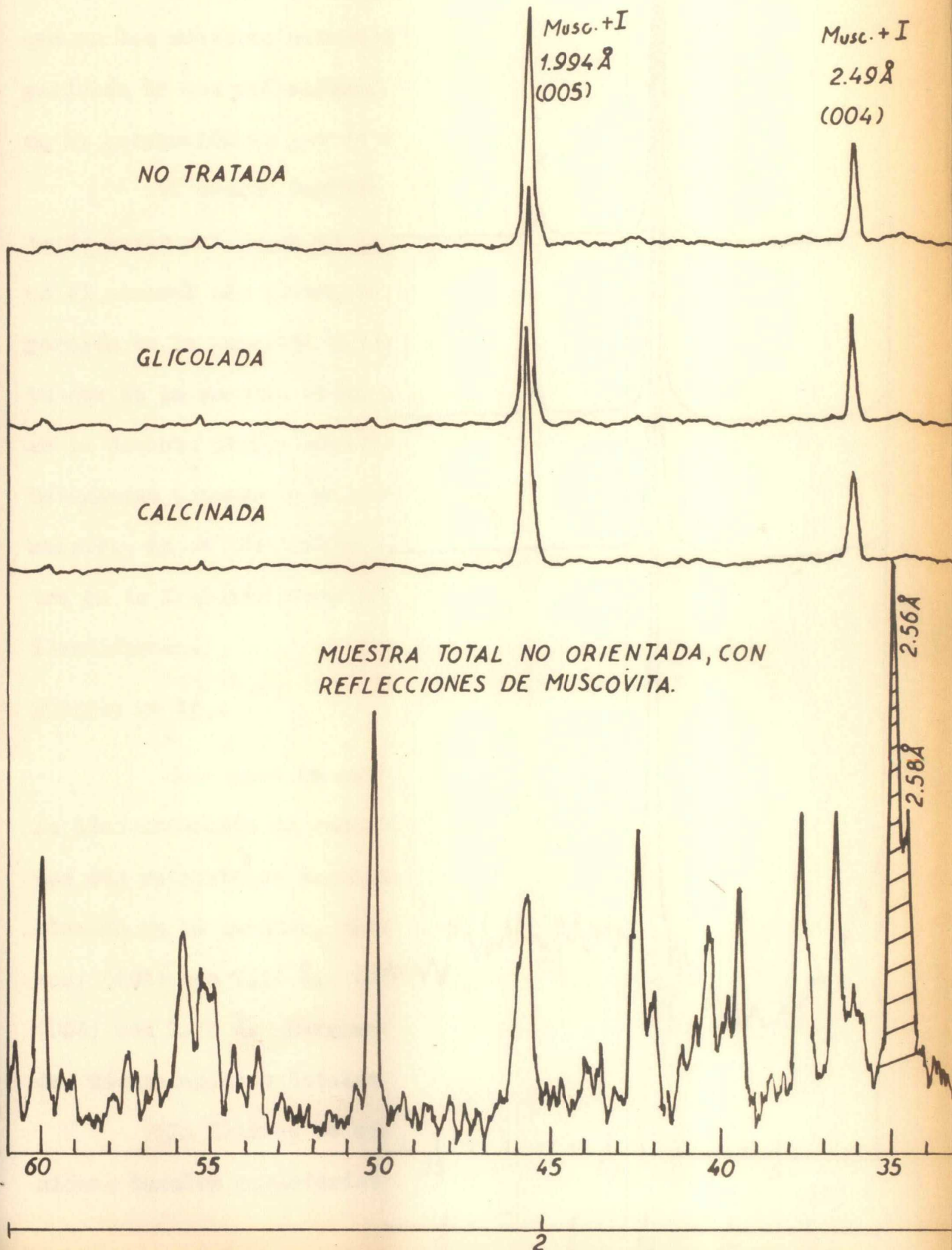
La interpretación de estos diagramas se vió complicada por la presencia de abundantes muscovita de grano muy fino menor de 4 micrones. En los diagramas de la muestra orientada es difícil asegurar si las reflexiones presentes corresponden a Illita o a Muscovita, después de un detallado estudio se ha llegado a la conclusión de que se encuentran presentes en esta muestra estos 2 minerales, y al ser sus espaciados basales tan próximos dan un solo pico. La duda la crea la presencia de la reflexión de (001) con un espaciado de 10.04 \AA . La determinación de la existencia de Illita y Muscovita, se verificó en el diagrama de la muestra total no orientada, donde se observa en rayado, reflexiones correspondientes a muscovita que no se encuentran en illita; apare-

MUESTRA N° 8

PROC: YACIMIENTO SAN MANUEL

PARTIDO DE LOBERIA

MIN. IDENTIFICADOS: MUSCOVITA-ILLITA-CAOLINITA Y CU



ARZO

Musc.+I
3.33 Å
(003)

Musc.+I
10.04 Å
(001)

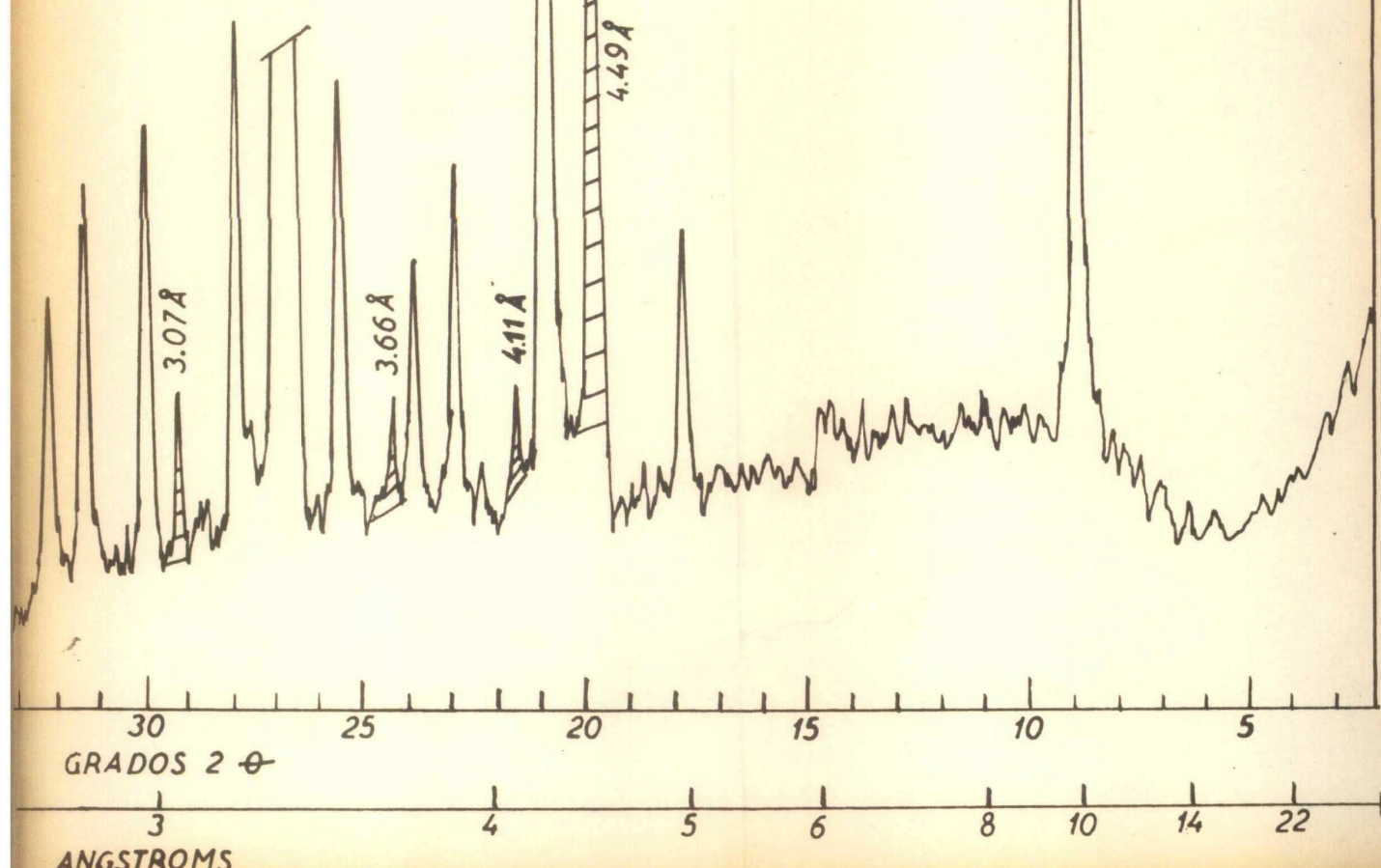
+Qz

Musc.+I
4.98 Å
(002)

K

Qz

K



ciendo a la vez , reflexiones propias de illita. Las reflexiones de la muestra orientada no ofrecen variaciones al ser sometida a glicolación y calcinación.

La Caolinita está identificada con el mismo criterio que en las muestras anteriores, confirmándose siempre por la desaparición de sus reflexiones en la muestra calcinada, siendo mínima la proporción en que se encuentra.

El cuarzo también fue identificado de la misma manera. Es de hacer notar que en la muestra total no orientada, el cuarzo es el mineral más abundante, persistiendo aunque en pequeña proporción en la fracción menor de 4 micrones; en cambio la caolinita que en la muestra total no orientada pasaría desapercibida, se la detenta perfectamente en la fracción menor de 4 micrones. Resumiendo podemos establecer que al estudiarse en conjunto la muestra, no se identifica caolinita, sino que la misma se concentra en la fracción menor de 4 micrones donde recién entonces es identificada.

MUESTRA N° 10.-

Minerales de arcilla identificados: Caolinita e Illita.

La identificación de caolinita no deja ninguna duda, ya que todas sus reflexiones basales, son muy intensas, por su proporción elevada en la muestra, tales como las correspondientes a los planos: (001) con 7.14 \AA ; (002) con 3.58 \AA ; (003) con 2.38 \AA y (004) con 1.79 \AA . Permanecen invariables en la muestra glicolada, desapareciendo totalmente en la muestra calcinada.

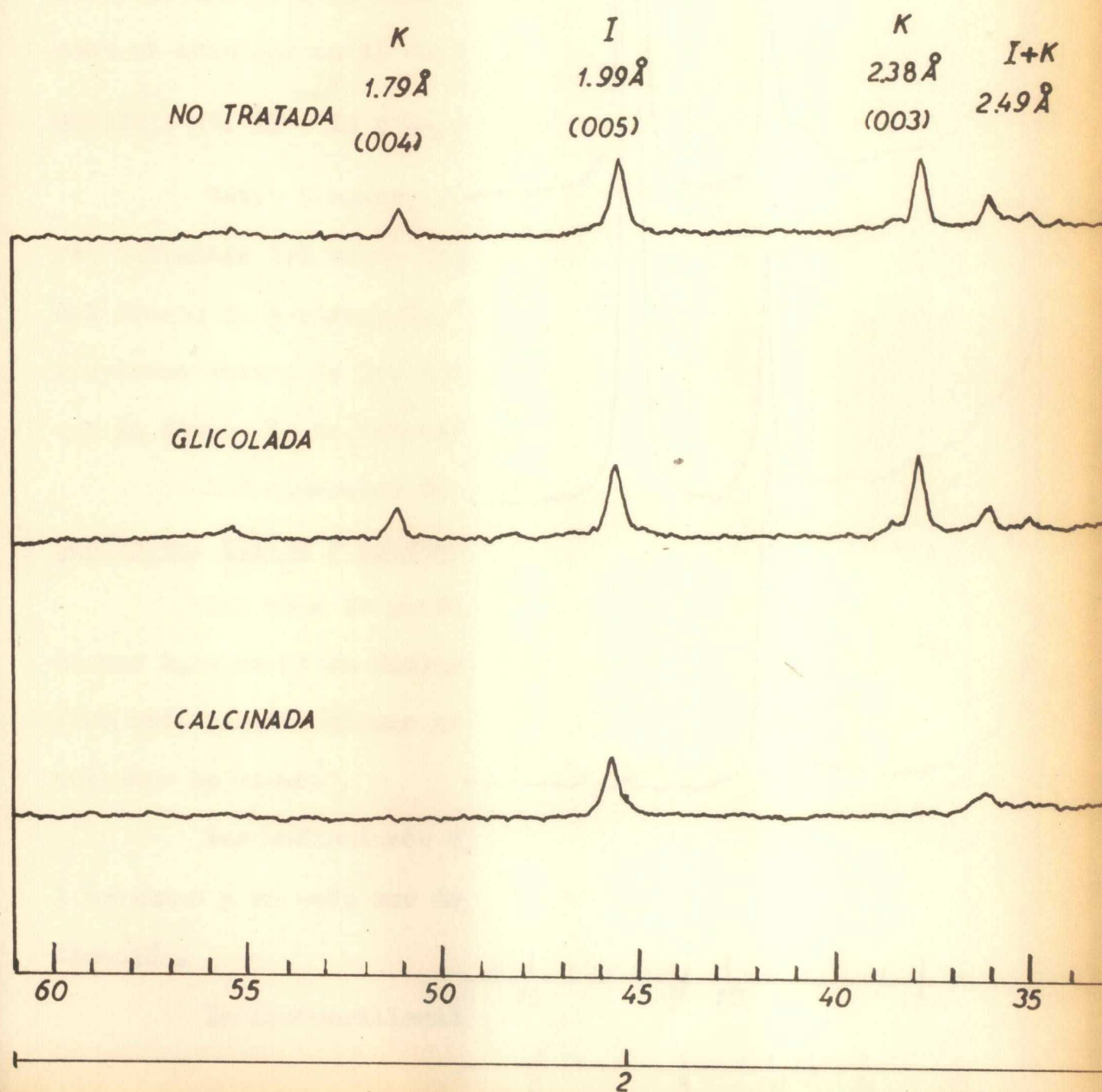
La Illita, se encuentra presente, con sus cinco reflexiones basales características, permaneciendo invariables en las

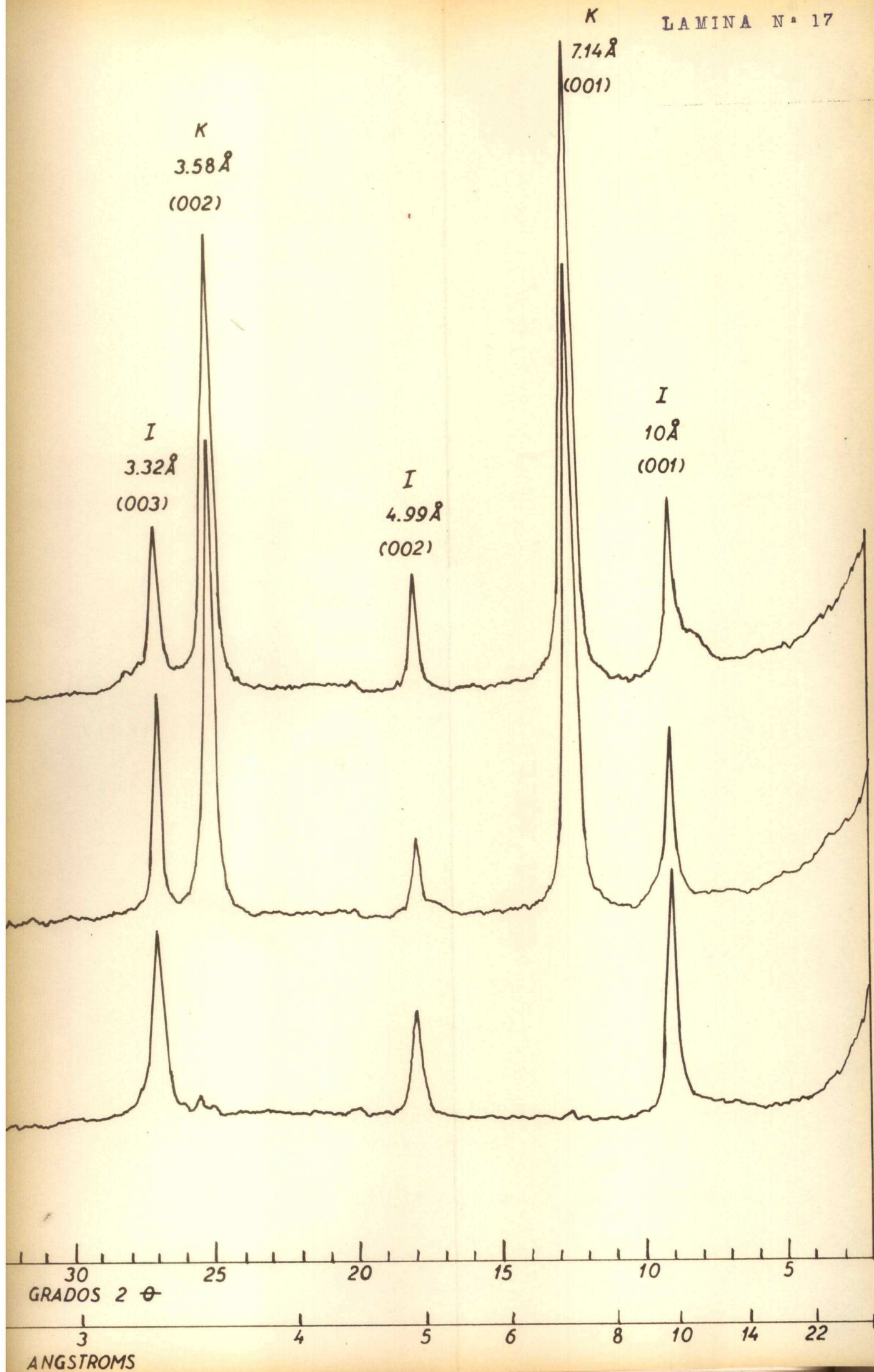
MUESTRA N° 10

PROC: YACIMIENTO LOS PINOS-NIVEL MEDIO

PARTIDO DE BALSARCE

MIN. IDENTIFICADOS: CAOLINITA e ILLITA





muestras glicolada y calcinada.

En el gráfico siguiente, se representan 3 diagramas de muestras orientadas sin tratar, provenientes de 3 niveles del yacimiento Los Pinos, que llevan los Nos. 9 - 10 y 11, correspondiendo a un nivel superior, medio e inferior respectivamente. En los 3 diagramas se determina la misma composición mineralógica, caolinita e illita. El objeto de la realización de estos 3 diagramas, fue observar si existía alguna variación mineralógica, constatándose que la misma se mantiene similar y sólo fue posible observar una pequeña variación porcentual en los componentes, tal como se consigna en el cuadro N° 4.-

MUESTRAS N°. 12 - 13 y 14.-

Estas 3 muestras pertenecen a un mismo yacimiento, fueron extraídas del borde izquierdo, del centro y del borde derecho del frente de explotación, respectivamente. En el gráfico se representan solamente los diagramas de las muestras N°. 12 y 14, ya que la número 13 es intermedia entre estas 2.

Los minerales de arcilla identificados son:

Caolinita, Illita y Montmorillonita.

Tal como se puede observar en los diagramas, las reflexiones basales de la Caolinita, con sus espaciados propios, no sufren modificación alguna al ser glicolada, pero sí, desaparecen al calcinar la misma.

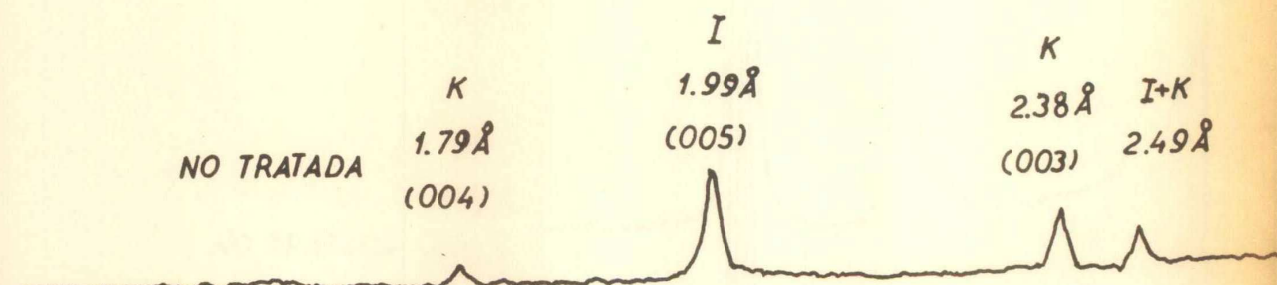
Las reflexiones de Illita permanecen invariables en las 3 muestras y en cada uno de los preparados, confirmando su identificación.

La Montmorillonita, en la muestra sin tratar tiene su

DIAGRAMAS DE MUESTRAS ORIENTADAS SIN
TRATAR, EN LOS CUALES SE OBSERVA UNA VA-
RIACION CUANTITATIVA DE CAOLINITA CON RES-
PECTO A ILLITA EN DISTINTOS NIVELES DEL
YAC. LOS PINOS PARTIDO DE BALSARCE.

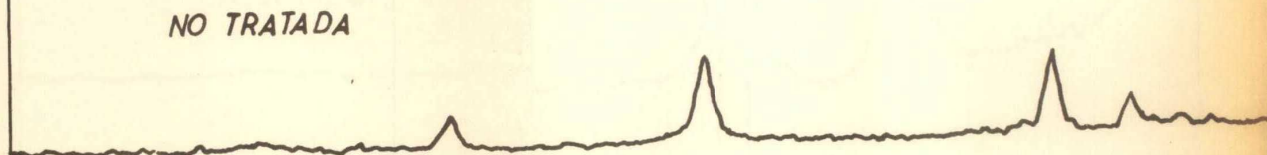
MUESTRA N° 9

NIVEL SUPERIOR



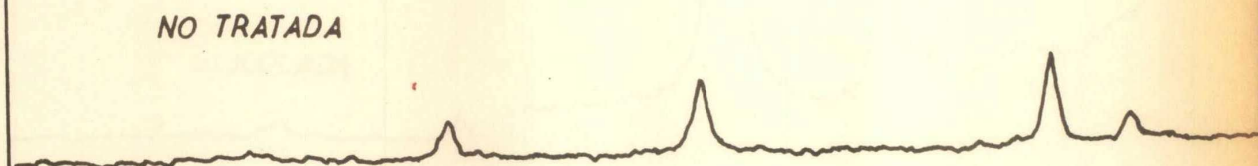
MUESTRA N° 10

NIVEL MEDIO



MUESTRA N° 11

NIVEL INFERIOR



60

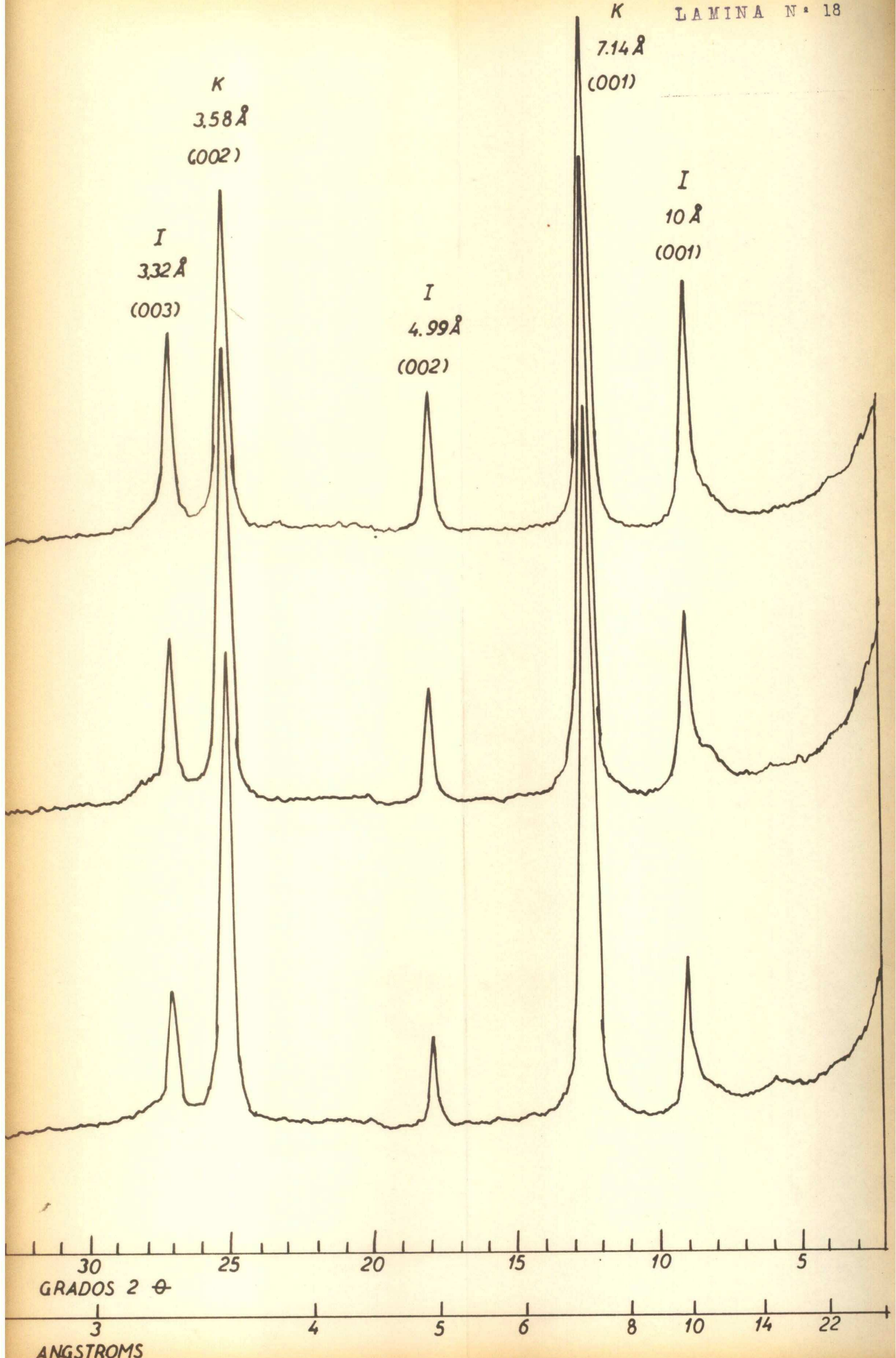
55

50

45

40

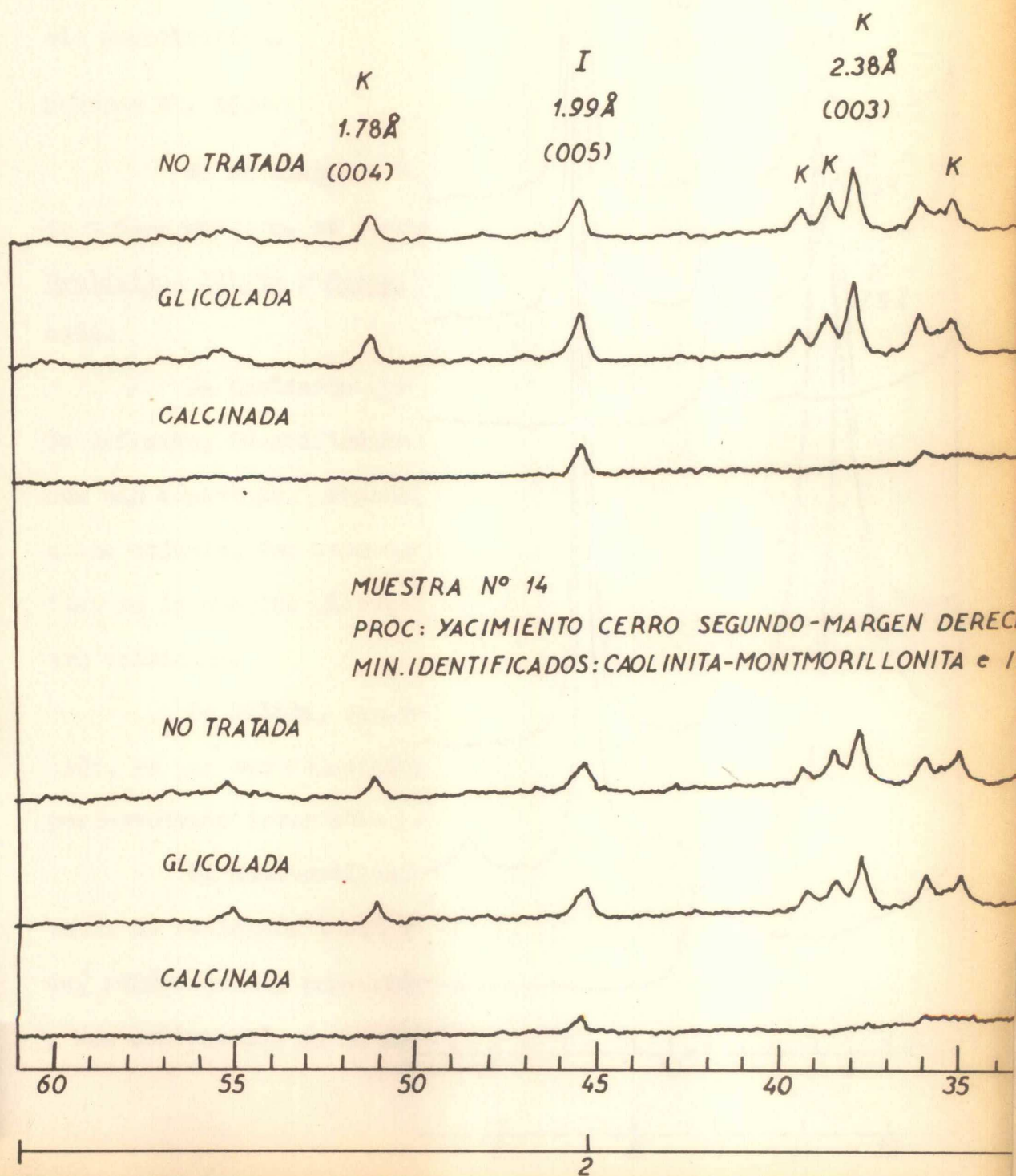
35



MUESTRA N° 12

PROC: YACIMIENTO CERRO SEGUNDO-MARGEN IZQUIERDA
PARTIDO DE BALCARCE

MIN. IDENTIFICADOS: CAOLINITA-ILLITA Y MONTMORILLONITA



K

7.14 Å

(001)

K

3.57 Å

(002)

I

3.33 Å

(003)

I

4.99 Å

(002)

K K M.

I

10 Å

(001)

M

15.5 Å

(001)

M

17.3 Å

M

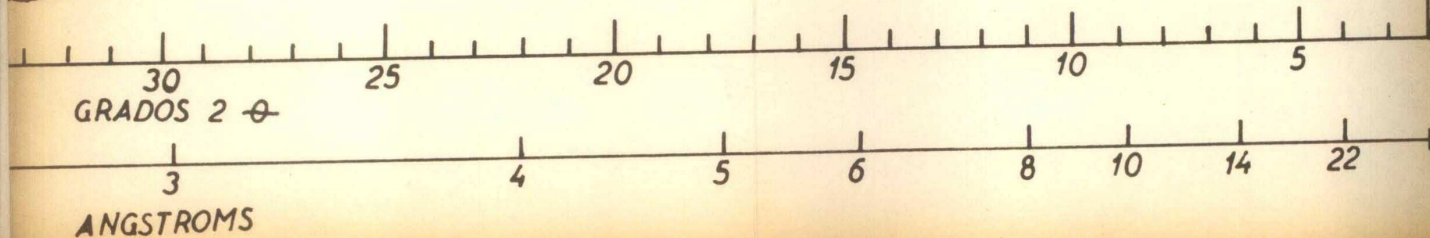
17.5 Å

A

ONITA

IA

LITA



reflexión de (001) en 15.5 \AA ; esta misma en la muestra glicolada desplaza su espaciado a 17.3 \AA , y al ser calcinada se contrae hasta 9.6 \AA , ésto, también es válido para las tres muestras.

Se puede observar además que en la muestra N° 12 la proporción de montmorillonita presente es reducida, la que aumenta en la muestra N° 13, alcanzando su máxima proporción en la muestra N° 14. El detalle de la proporciones se da al tratar el análisis cuantitativo.

MUESTRA N° 15.-

En el diagrama de difracción de Rayos X correspondiente a esta muestra, se identificó 3 minerales de las arcillas:

Caolinita, Illita y Montmorillonita; esta última en infima proporción.

La Caolinita que es la más abundante, está perfectamente definida, identificándose por sus intensas reflexiones basales, con sus espaciados propios, tal como se puede observar en el diagrama adjunto. Sus espaciados e intensidades, permanecen invariables en la muestra glicolada y desaparecen totalmente en la muestra calcinada.

La Illita, tampoco deja lugar a duda en su identificación, ya que sus espaciados basales son definidos y coincidentes, permaneciendo invariables en los tres diagramas correspondientes.

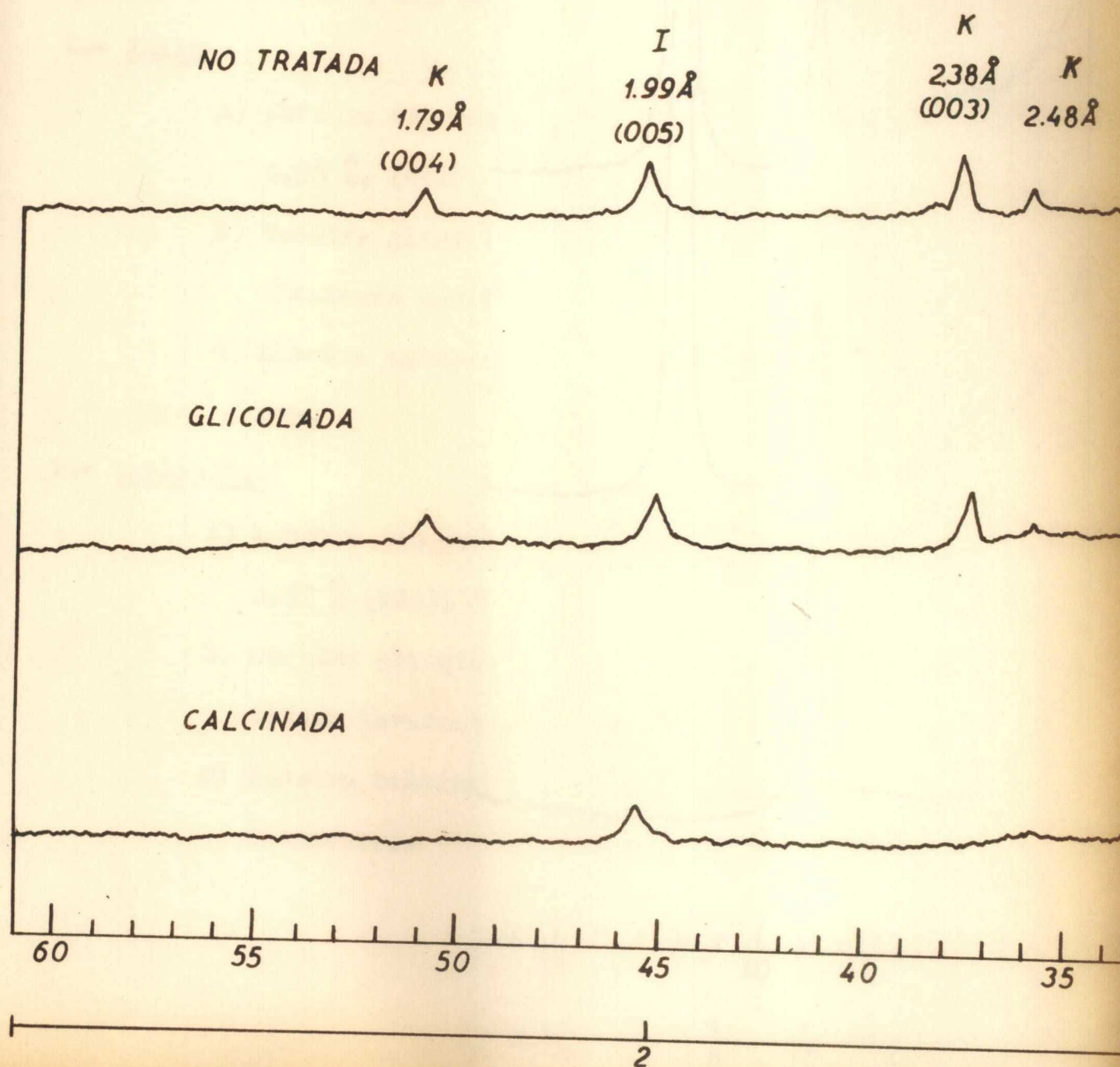
La Montmorillonita, dada su escasa proporción, sólo presenta la reflexión basal (001) con 15.2 \AA en la muestra no tratada, sufriendo una expansión en la muestra glicolada hasta 18.0 \AA , y una contracción en la muestra calcinada hasta 10 \AA .

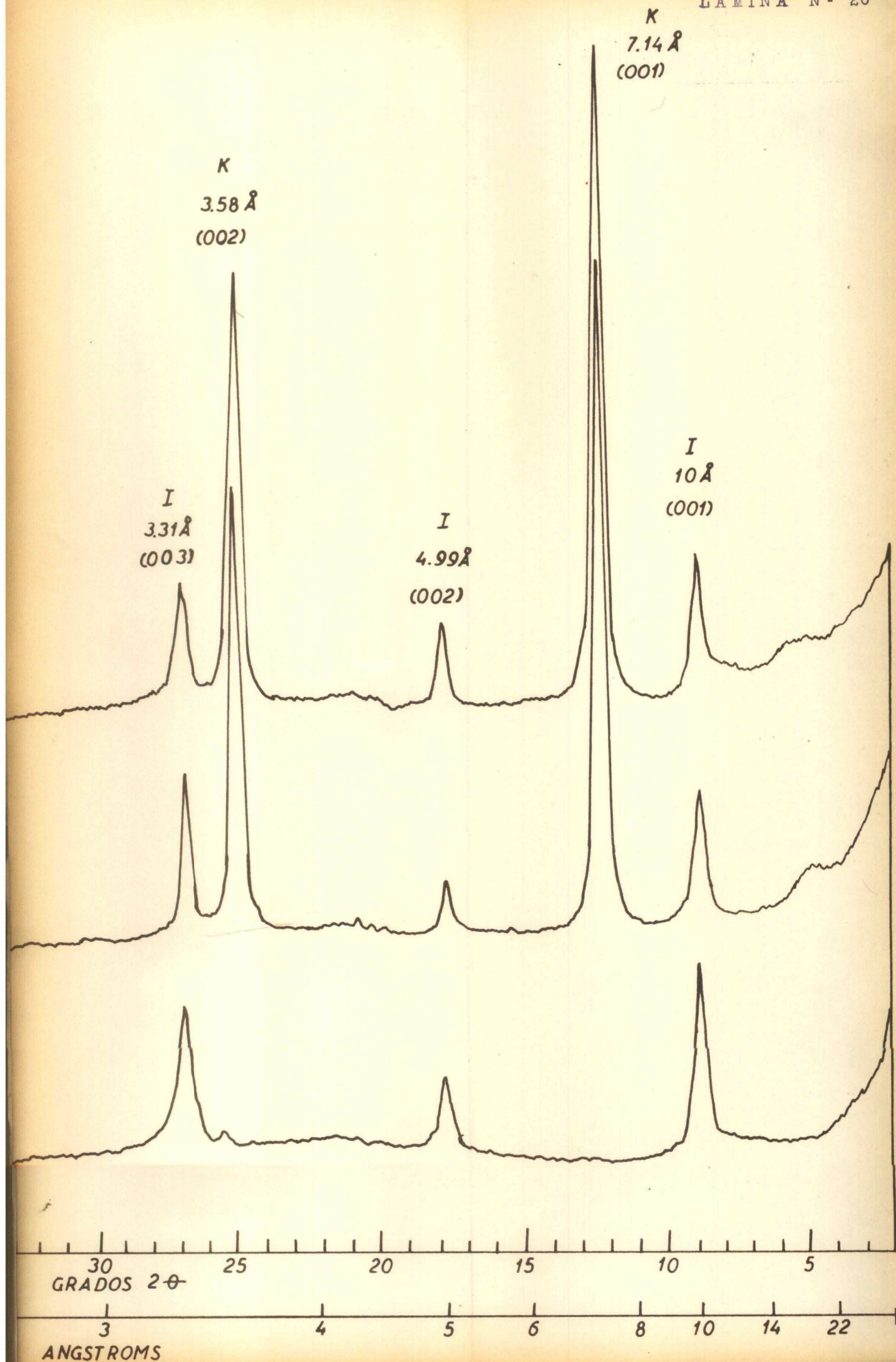
MUESTRA N° 15

PROC: YACIMIENTO LOS CURROS

PARTIDO DE GRAL. PUEYRREDON

MIN. IDENTIFICADOS: CAOLINITA e ILLITA





MUESTRAS N°. 16 - 17 y 18.-

Presentan la misma composición mineralógica que la muestra anterior, y los diagramas son idénticos entre sí, determinándose como minerales de las arcillas a: Caolinita, Illita y muy poca Montmorillonita. Todos ellos perfectamente identificados como tales. Se pueden observar variaciones en la proporción de estos minerales entre sí, cuyos detalles se dan en el estudio cuantitativo de los mismos.

Resumiendo, las consideraciones anteriores, se puede consignar que las determinaciones de los minerales de las arcillas se realizaron en base a los siguientes caracteres:

1.- Illita:

- A) Muestra sin tratar: reflexiones en 10.0 \AA (001); 4.98 \AA , (002); 3.32 \AA (003); 2.57 \AA ; 1.99 \AA (005).-
- B) Muestra glicolada: se mantienen invariables las reflexiones anteriores.-
- C) Muestra calcinada a 550°C ., idéntico a los anteriores.

2.- Caolinita:

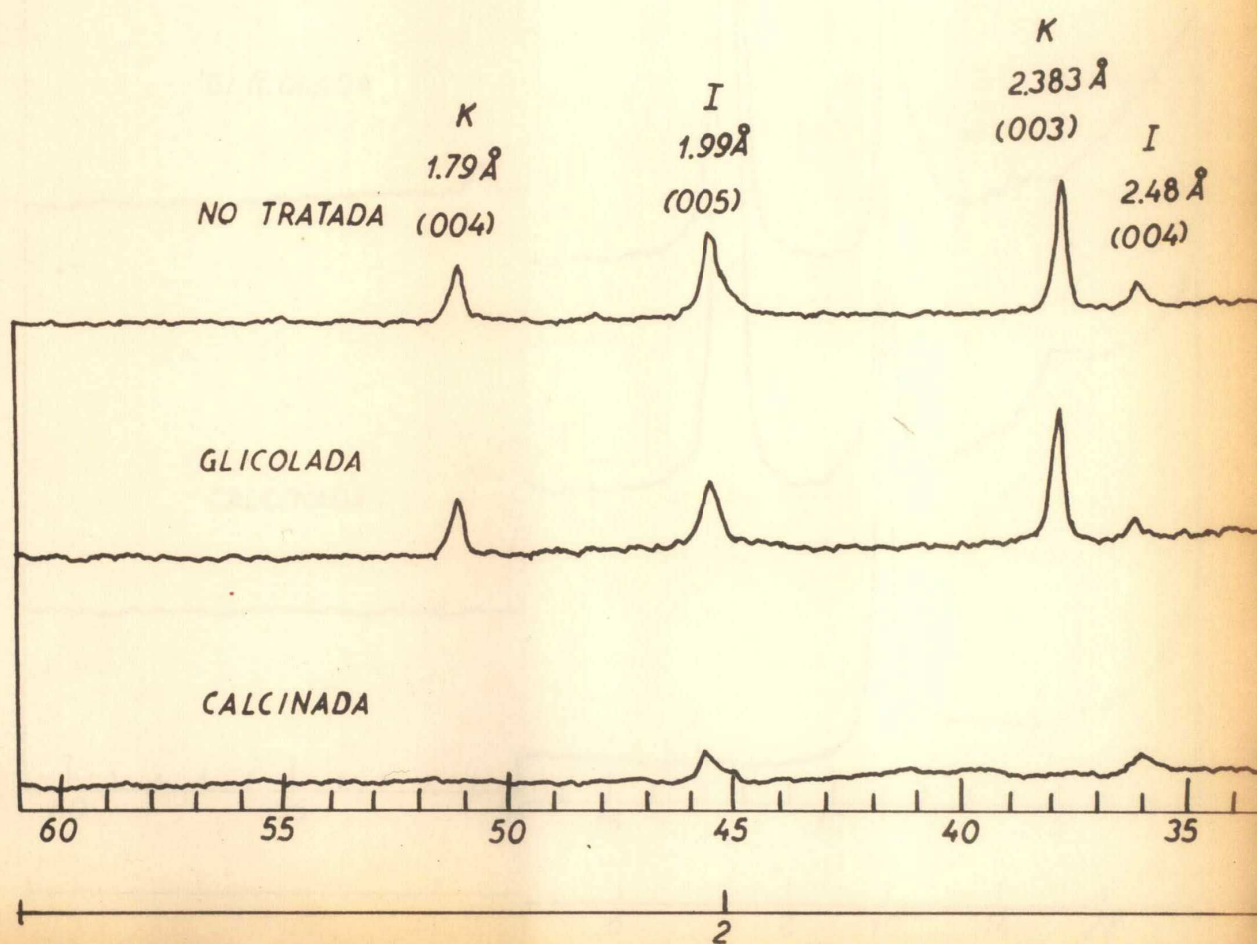
- A) Muestra sin tratar: reflexiones en 7.15 \AA (001); 3.57 \AA (002); 2.38 \AA (003); 1.79 \AA (004).-
- B) Muestra glicolada: las reflexiones anteriores se mantienen invariables.-
- C) Muestra calcinada a 550°C ., desaparecen todas las reflexiones.-

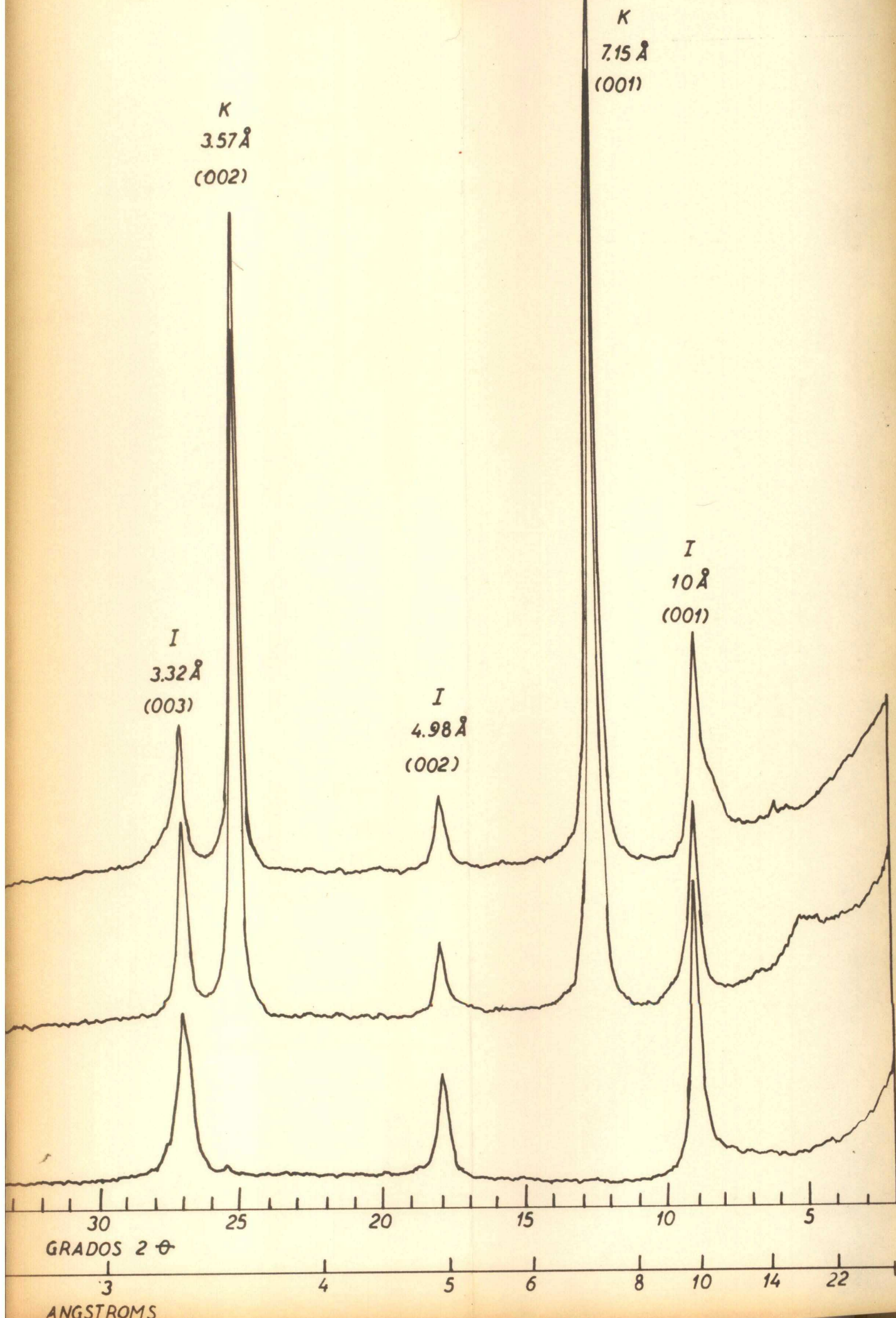
MUESTRA N° 16

PROC: YACIMIENTO DEFEUDO

PARTIDO DE GRAL. PUEYRREDON

MIN. IDENTIFICADOS: CAOLINITA e ILLITA



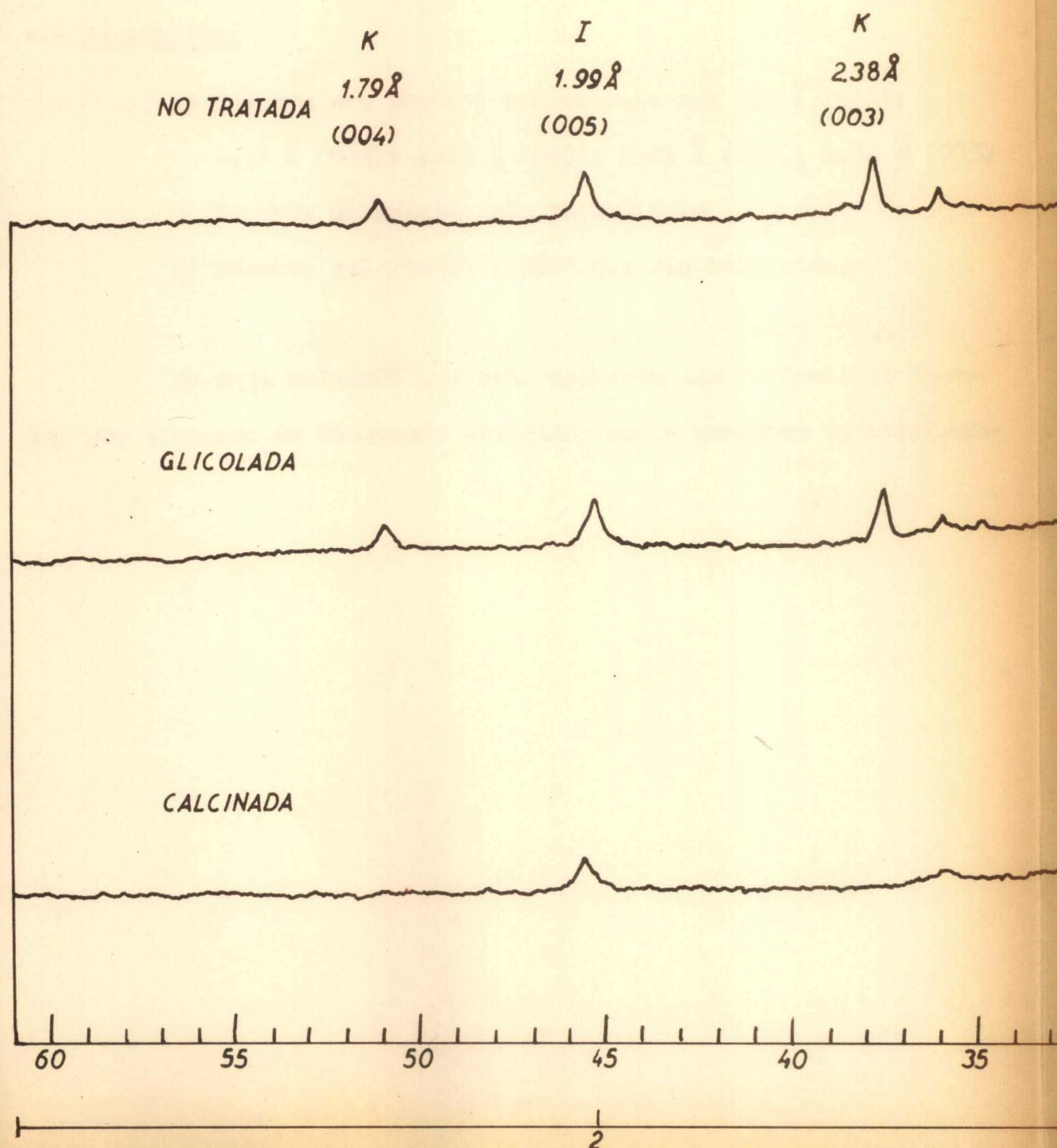


MUESTRA N° 17

PROC: YACIMIENTO IACUSA

PARTIDO DE GRAL. PUEYRREDON

MIN. IDENTIFICADOS: CAOLINITA e ILLITA



7.15 Å

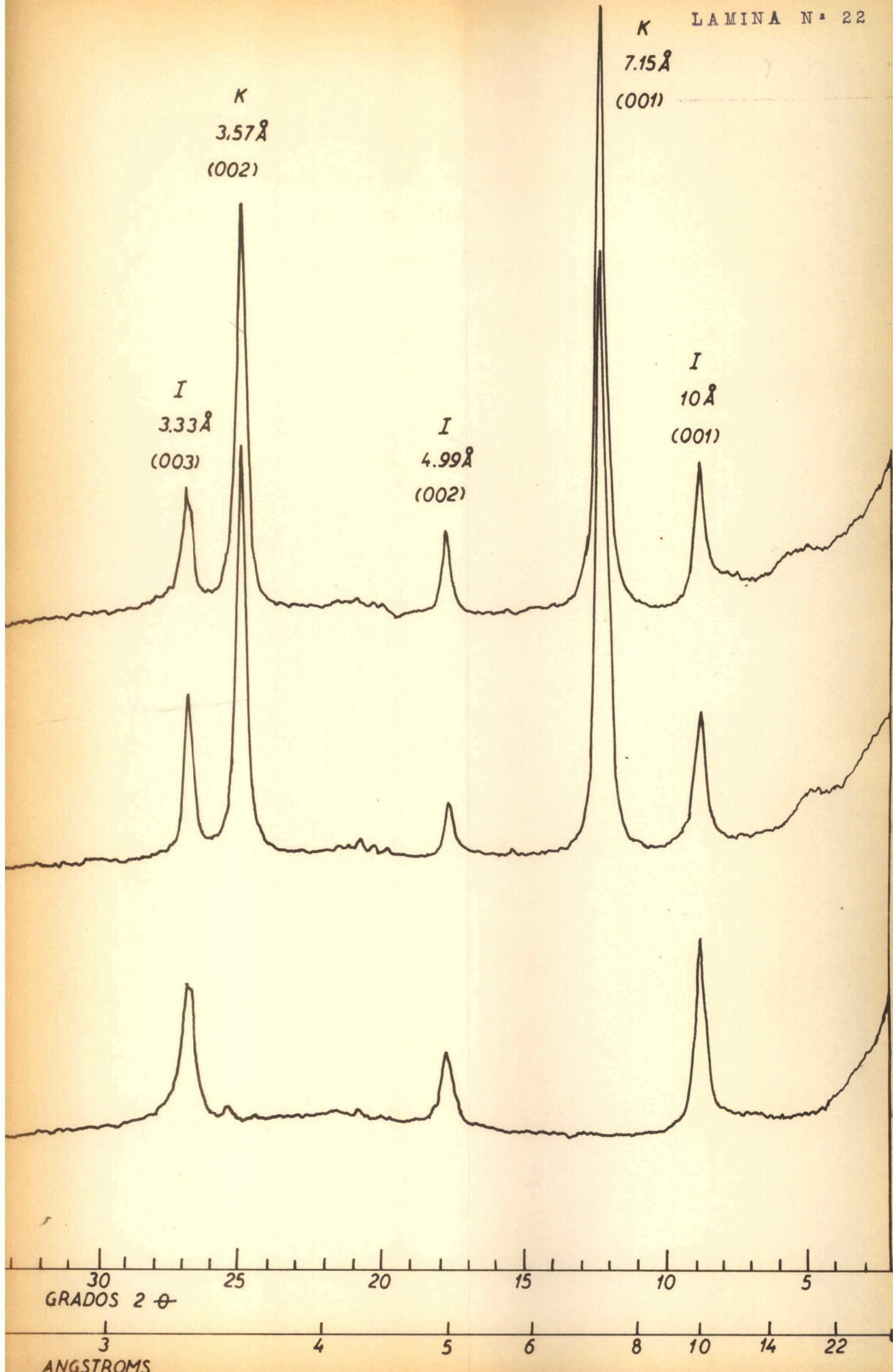
(001)

K
3.57 Å
(002)

I
3.33 Å
(003)

I
4.99 Å
(002)

I
10 Å
(001)



3.- Montmorillonita:

- A) Muestra sin tratar: reflexiones en 15.5 \AA (001);
 5.1 \AA ; 4.5 \AA ; 3.08 \AA ; 2.54 \AA .
- B) Muestra glicolada: reflexiones en: 17.2 \AA (001); y
otras reflexiones menores poco definidas.
- C) Muestra calcinada a 550°C. : reflexiones en 9.6 \AA
(001); y otras reflexiones menores poco definidas.-

4.- Pirofilita:

- A) Muestra sin tratar: reflexiones en: 9.2 \AA (001);
 4.58 \AA (002); 3.05 \AA (003); 2.29 \AA (004); 1.84 \AA (005)
- B) Muestra glicolada: sin variación.-
- C) Muestra calcinada: a 550°C. : sin variación.-

Se deja aclarado que solo aparecen las reflexiones basales por tratarse de diagramas obtenidos sobre muestras orientadas.-

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS MINERALES DE LAS ARCILLAS.

Las intensidades de las reflexiones, en un diagrama de difracción de rayos X, son proporcionales a las concentraciones de los componentes que las producen, siempre y cuando sean tomadas en cuenta las consideraciones de los efectos de absorción (Klug y Alexander, 1954). Esto ha hecho posible el desarrollo de métodos de análisis cuantitativos, basados en la intensidad de las reflexiones.

La intensidad de una reflexión producida por un plano cualquiera (hkl) de un compuesto cristalino, está relacionada con la composición del mismo compuesto y de los minerales que lo rodean, además de la geometría del instrumental. Klug y Alexander (1954), Von Engelhardt (1961). Sin embargo para algunas reflexiones particulares, muchos de estos parámetros pueden ser reducidos a una constante.

Numerosos son los trabajos realizados tendientes a solucionar el problema del análisis cuantitativo de minerales por difracción de rayos X, y en particular de los minerales de las arcillas.

El carácter débil, de algunas importantes reflexiones basales de los minerales de las arcillas, limita a menudo el análisis cualitativo de las mezclas complejas de arcillas, por las técnicas ordinarias de polvo. Esta deficiencia en sensibilidad, es aumentada notablemente, por técnicas que emplean la orientación de las laminillas de estos minerales.

En cada máximo de una reflexión basal, la energía igualmente distribuida alrededor de una esfera en el espacio recíproco

en el método de difracción del polvo- es concentrada dentro de un pequeño segmento esférico, de densidad gradada alrededor de un solo polo, en la técnica con muestras orientadas. En general, se observa, que la perfección de la orientación tiende a ser igual para varios componentes de una mezcla, y por lo tanto se considera que son iguales.

Teniendo en cuenta el trabajo de Johns, Grim y Bradley (1954), se ha realizado el análisis cuantitativo de los minerales de arcillas en estudio. Los trabajos de Norrish y Taylor (1962); Davis, M. y Michael, Jaron (1964), fueron también tomados en cuenta para el presente trabajo. Los diagramas usados, son los mismos representados para la identificación de los minerales, el trabajo de cálculo de intensidad se realizó sobre los diagramas originales.

La relativa abundancia de cada uno de los constituyentes, fue establecida, utilizando como muestra interna a la illita, que se encuentra en casi todas las muestras. Los diagramas de las muestras glicoladas, se utilizaron para establecer las proporciones de montmorillonita frente a illita, aprovechando que en la muestra glicolada, se separa perfectamente el pico formado por la reflexión de (001) con más de 17.0 \AA de montmorillonita, con el pico correspondiente también a (001) con 10.0 \AA de illita, pudiendo de esta manera realizarse el cálculo de sus intensidades. Deben tenerse en cuenta algunas consideraciones con respecto a las reflexiones, antes de comparar directamente las intensidades. La eficiencia con que un cierto tipo de planos de silicatos dispersa a lo largo de (001), varía de acuerdo a la relación $\text{Sen. } \frac{\theta}{\lambda}$.

Datos obtenidos por Bradley (1953), muestran que la dispersión

de un mineral de arcilla a un ángulo correspondiente a 17.0° y

excede por un factor de aproximadamente 4 veces, la intensidad

de un material similar que dispersa a 10° . Así, los valores de

la intensidad de la illita, de acuerdo a las consideraciones an-

teriores, deben multiplicarse por ese factor, antes de ser compa-

rados directamente con las intensidades de la reflexión de Mont-

morillonita.

El análisis cuantitativo de coesinita, también se hace

con reflexión a la illita. El sector elegido para esto, es la zona

donde la reflexión sea $\frac{\lambda}{\theta}$ es igual a $0.15 - 0.16$, correspondien-

do a espacios de $3.3 - 3.5 \text{ \AA}$. Se considera que en esta zona la

distribución de la dispersión es suficientemente constante. El dis-

grama de la muestra sin tratar es el más útil al respecto. Las re-

flexiones con 3.57 \AA correspondiente al plano (002) de coesinita,

y la reflexión con 3.32 \AA correspondiente a (003) de illita, son

las que se consideran para determinar cuantitativamente las pro-

porciones de coesinita frente a illita.

Los resultados obtenidos con el análisis cuantitativo

se presentan en el cuadro No. 4, en por ciento.

Nuestra	No.	Geolita	Illita	Montmor.	Pirofilita	Verde.	Quartzo
1	85.8						14.2
2	81.5						18.5
3	82.0						18.0
4	15.3	46.5	19.4	14.0	4.8		
5	100.0						
6	100.0						
7	83.3					16.7	
8	no se realizó por la superposición de illita y muscovita						
9	60.3	39.7					
10	70.9	29.1					
11	73.4	26.6					
12	75.8	11.4	12.8				
13	76.0	11.0	13.0				
14	46.0	7.3	46.7				
15	74.5	23.4	2.1				
16	81.0	19.0					
17	75.9	24.1					
18	93.0	4.8	2.2				

CUADRO DE PORCENTAJES OBTENIDOS POR ANALISIS CUANTITATIVO CON DIFRACCION DE RAYOS X. SOBRE FRACCION MENOR DE 4 MICRONES.

CUADRO No 4.-

Para comprender el presente capítulo, se insiste, en que: se entiende o define como *ilita* a un grupo de minerales que se encuentran en sedimentos, teniendo primordialmente un tipo de estructura dioctaedrica de la muscovita, con menos del 10 % de capas expandibles; interesantísimas en la estructura. Aun- que la *ilita* así definida - Bruce Velde y John Hower (1963)- probablemente incluye una variedad de minerales. Es difícil de- terminar la estructura y composición individual de cada una, por su similitud - Koder y Bugster- (1955)- De esta manera la definición de *ilita* es amplia, in- cluye todos los materiales laminares con un espaciado de 10.0 Å, encontrados en rocas sedimentarias. La *ilita*, en general, es un mineral muy común en rocas sedimentarias, a pesar de esto, su for- ma o formas de origen no son bien conocidas. Una importante difi- cultad en las investigaciones del origen de la *ilita*, es su si- militud estructural con la muscovita.

El problema del origen de la *ilita* es amplio, si se considera derivada de la muscovita por alteración mecánica de al- to grado sobre las rocas, como lo sugiere Weaver (1959). Sin em- bargo existen otras clases de rocas dioctaedricas, Foster (1956-60). La muscovita se presenta en rocas ígneas y metamórficas, y glauc- onita de igual estructura se forma en la superficie terrestre, Hurst (1958); así la *ilita* representaría un material de muy am- plia variedad de ambientes de formación.

El método usado para la determinación de los polimorfos

de lilita en el presente capítulo, es el de atracción de rayos X. Las muestras sobre las cuales se hicieron los estudios, proceden de la serie de la lilita, siendo las mismas que se utilizaron en la totalidad del trabajo.

PREPARACION DE LAS MUESTRAS:

Las muestras se prepararon de la siguiente manera: Pri-

mero, se las partió en fragmentos de alrededor de 1 cmj de tamaño

en un mortero de porcelana; la tracción menor a este tamaño se des-

cartó. El material así obtenido fue introducido en un ultrasonido

Cleanner tipo Bendix U.G. que posee la O.M.B.V.- en agua destilada

para su dispersión. Este procedimiento de dispersión de un resul-

tado extraordinario por el hecho de que hay un mínimo de rotura en la

las partículas- La muestra en suspensión, se sometió a un centri-

tugado para obtener los distintos tamaños de partícula necesarios,

a saber: menor de 0,2 micrones; mayor de 0,2 pero menor de 1 mi-

cron; mayor de 1 pero menor de 10 micrones y mayor de 10 micrones.

Para esto se utilizó una centrífuga Modelo Internacional de 24 cm

de radio y a 1.800 revoluciones por minuto. Los cálculos del tiem-

po de centrifugado están hechos considerando una densidad promedio

de 2,6 gr/cm³, suspendidas en agua destilada.

Los cálculos de los tiempos de centrifugado, se obtuvie-

ron deduciendo la siguiente fórmula.

$$\frac{dr}{dt} = \frac{r^2 (d_1 - d_2) \omega^2 x}{n}$$

$$\frac{dr}{dt} = \frac{r^2 (d_1 - d_2) (2 \pi n)^2}{n \cdot 60^2}$$

Con esta fórmula llegamos a la conclusión, de que solo se necesita elevar al cuadrado el radio de la partícula que se desea separar, para obtener el tiempo de centrifugado. Durante este tiempo todas las partículas de tamaño mayor son depositadas en el fondo, quedando en suspensión las que no desean separar.

En este caso después de centrifugar se traspasa el líquido sobrenadante a un vaso de precipitación y lo que quede depositado en el fondo del recipiente de la centrifuga, se puso nuevamente en el ultrazono ólman para su dispersión y así, contri-

lugar nuevamente con el mismo tiempo y el líquido sobrenadante

$$\frac{dx}{dt} = \frac{25 - 9(2,6 - 1,0)(6,28)^2(1,800)^2 \cdot x}{0,01 \times 602}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{0,0162 \times 63,10 \cdot x}{324}$$

$$\frac{dx}{dt} = 0,0031 \cdot x$$

$$\frac{dx}{x} = 0,0031 \cdot dt$$

$$\int_{28}^{18} \frac{dx}{x} = \int_{18}^{28} 0,0031 \cdot dt$$

$$\ln \frac{18}{28} = 0,0031 \cdot t$$

$$\frac{18}{28} = 0,0031 \cdot t$$

$$t = \frac{0,0000035}{x^2} \text{ para } 28 \text{ cm de radio}$$

$$t = \frac{0,00000427}{x^2} \text{ para } 24 \text{ cm. de radio}$$

$$t = \text{tiempo en segundos}$$

$$x = \text{radio de la partícula en cm.}$$

pasado al mismo vaso. Esta operación se repitió 4 ó más veces, hasta obtener que el líquido sobrenadante quedara totalmente limpio, indicando esto que se había eliminado toda la fracción menor del tamaño deseado.

Los tiempos encontrados en este trabajo son los siguientes:

Para separar fracción menor de 0,2 micrones				71 min 10 seg.
"	"	"	1.0	" 2 " 50 "
"	"	"	2.0	" 43 "
"	"	"	5.0	" 7 "

Las fracciones mayores se separaron directamente por el método de la pipeta.

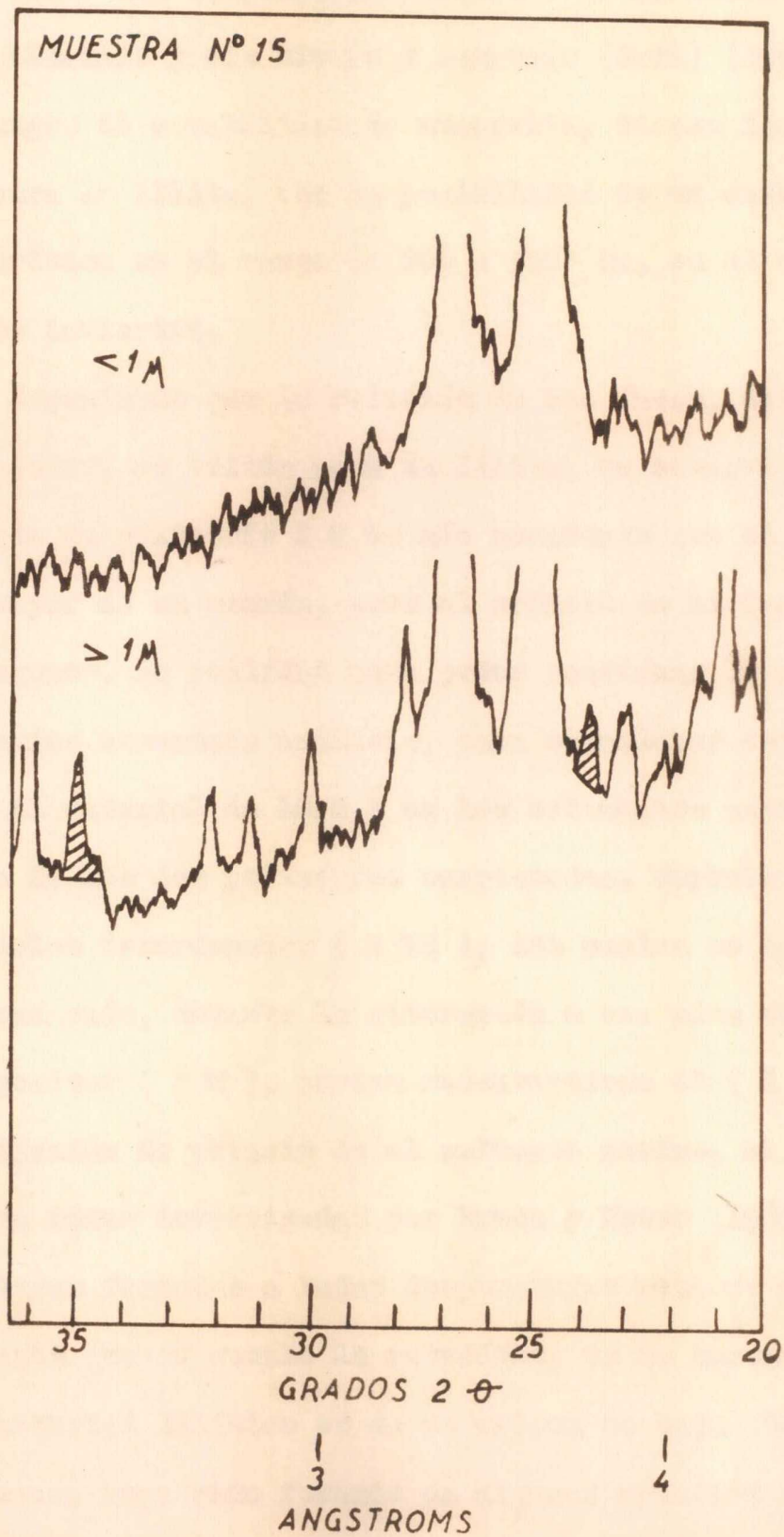
La efectividad de la separación en la centrífuga, fue confirmada por observaciones que se hicieron, bajo el microscópio electrónico, dando como resultado un tamaño uniforme de partículas.

DETERMINACION DE LOS POLIMORFOS:

La determinación se realizó por medio de diagramas de difracción, utilizando para identificar el polimorfo (2 M), las reflexiones con 3.74 \AA de (023) y 2.58 \AA de (131) (116) (202) y para 1 Md. = 2.58 \AA de (130) (200) reflexiones múltiples. Se usaron estas reflexiones en particular, porque ellas no están afectadas por la presencia de otros materiales en la muestra.

En el diagrama adjunto se muestra en rayado 2 picos que son los que permiten identificar la mezcla de polimorfos, 2 M (nuscovita) y 1 Md (Illita) en la fracción mayor de 1 micrón y solo 1 Md. en la fracción menor de 1 micrón. Estos son los únicos encontrados

DETERMINACION DE POLIMORFOS DE
ILLITA



en las muestras.

De acuerdo a Bruce Velde y John Hower (1963), las conclusiones en la interpretación petrológica de estos datos,- aunque la illita tiene una composición diferente de la muscovita, menos potasio y aluminio y más hierro y magnesio (Grim) (1953)- Se cree que los rangos de estabilidad de muscovita, tienen igual significado que para la illita, con la posibilidad de un cambio en la temperatura crítica en el rango de 200 a 350° C., en el cual los polimorfos se invierten.

Suponiendo que la relación de las faces, determinada por Yoder y Eugster, es válida para la Illita, se observa en estas muestras que el polimorfo 2 M es más abundante que el 1 Md. en la fracción mayor de un micrón, pues el primero se ha formado a partir del segundo. En realidad para poder confirmar lo antedicho, son necesarios numerosos análisis, para establecer estadísticas.

El material de 10.0 Å en los sedimentos antiguos, es una mezcla de los dos polimorfos mencionados. Suponiendo que algunos materiales desordenados (1 Md), los cuales se han derivado de la degradación, durante la alteración a una alta temperatura de su progenitor (2 M), pueden reconvertirse el (1 Md) en (2 M) por fijación de potasio en el ambiente marino, el material (1 Md) en rocas investigadas por Bruce y Hower (1963), representa estructuras formadas a bajas temperaturas menores de 200 a 350° C. Aceptando que se cumple lo antedicho, es de suponer que la mayoría de material Illítico es de un origen de baja temperatura. Probablemente, haya sido formado en algunos estadios de la sedimentación y procesos de litificación.

Al realizar el presente estudio se ha podido constatar

además, que el cuarzo, se encuentra presente inclusive por debajo de la fracción menor de 1 micrón.

RESUMEN DE LOS ANALISIS POR RAYOS X.

De lo expuesto anteriormente, se puede concluir, que las características mineralógicas de las muestras estudiadas, corresponden en la fracción arcilla, menor de 4 micrones, a los minerales que en orden de abundancia se exponen en el cuadro N° 5.

CUADRO N° 5

CUADRO DE MINERALES IDENTIFICADOS POR RAYOS X.

Muestra N°	Minerales de arcilla en orden de abundancia	Minerales no arcillosos.
1 La Lasa	Illita (2M y 1 Md)	Cuarzo
2 Co. Negro	Illita (2 M y 1 Md)	Cuarzo
3 Co. Negro	Illita (2M y 1 Md)	Cuarzo
4 Barker	Illita Caolinita Montmorillonita	Pirofilita Vermiculita
5 San Ramon	Caolinita	
6 San Ramon	Caolinita	
7 Las Numancias	Illita (2 M y 1 Md)	Pirofilita.
8 San Manuel	Illita (2M y 1 Md) Caolinita	Muscovita.
9 Los Pinos	Caolinita Illita (2M y 1 Md)	
10 Los Pinos	Caolinita Illita	
11 Los Pinos	Caolinita Illita Montmorillonita	
12 Co. Segundo	Caolinita Illita Montmorillonita	
13 Co. Segundo	Caolinita Illita Montmorillonita	
14 Co. Segundo	Caolinita Montmorillonita Illita	
15 Los Cueros	Caolinita Illita (2M y 1 Md) Montmorillonita	Cuarzo
16 Defeudo	Caolinita Illita Montmorillonita	
17 Iacusa	Caolinita Illita Montmorillonita	
18 Sta. Celina	Caolinita Illita Montmorillonita	

OBSERVACIONES EN EL MICROSCOPIO ELECTRONICO:

La aplicación del microscopio electrónico a la mineralogía, Malcolm Ross y Christ (1958), ha permitido en el caso especial de las arcillas, determinar precisamente la forma y tamaños de los individuos componentes de las mismas.

El uso de las técnicas de difracción en mineralogía, es algo limitado, porque no todos los minerales son adecuados para su estudio por este método; pero en el caso de los minerales de las arcillas, es uno de los más indicados, ya que una vez observado el mineral individual, observada su forma, puede obtenerse un diagrama de puntos para su interpretación.

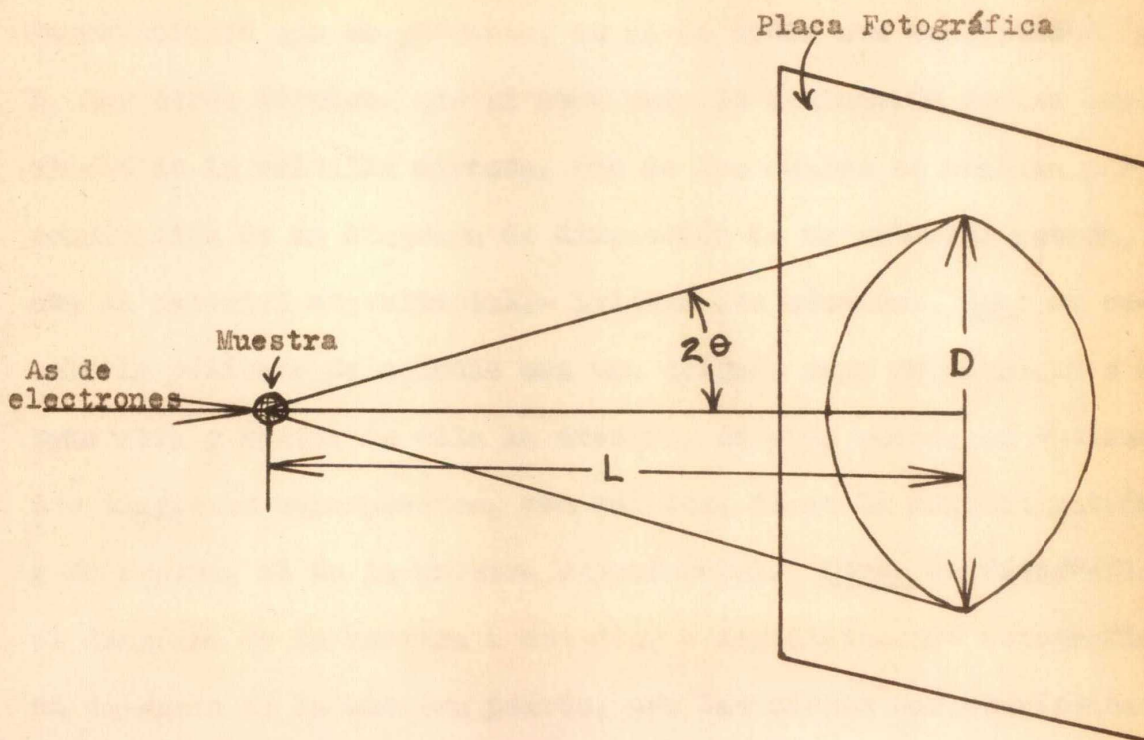
Se da a continuación una breve consideración, acerca de la interpretación de los diagramas de difracción de electrones. La disposición experimental para obtener tales diagramas se muestra esquemáticamente en la figura N° 5 .

Si un solo cristal yace en el as de electrones, se obtiene un diagrama de puntos; mientras que si un gran número de cristales yacen en el as de electrones, se obtiene un diagrama de polvo, con un número de anillos similar a un Debye Scherer.

El método más importante para la interpretación de los diagramas de cristal único, esta basado en el concepto de red recíproca, James (1954).

La evaluación de espaciados de la celdilla directa, en un diagrama de puntos o de polvo, puede ser realizada con muy buena precisión, a condición de que la distancia muestra - placa fotográfica y la longitud de onda de los electrones sea bien conocida. Con referencia a la figura N°. 5, se obtiene la fórmula para el cálculo de d , donde d es el espaciado de la celdilla directa. El

FIGURA No 5



$$\text{Tg } 2\theta = \frac{D}{2L}$$

$$\frac{\text{Sen } 2\theta}{\text{Cos } 2\theta} = \frac{2 \text{ Sen } \theta \text{ Cos } \theta}{\text{Cos } 2\theta} = \frac{D}{2L}$$

$$\text{Sen } \theta = \frac{D}{4L}$$

Sustituyendo en la ley de Bragg:

$$\lambda = 2d \text{ Sen } \theta \quad \text{Sen } \theta = \frac{\lambda}{2d} \quad 2d = \frac{D}{4L}$$

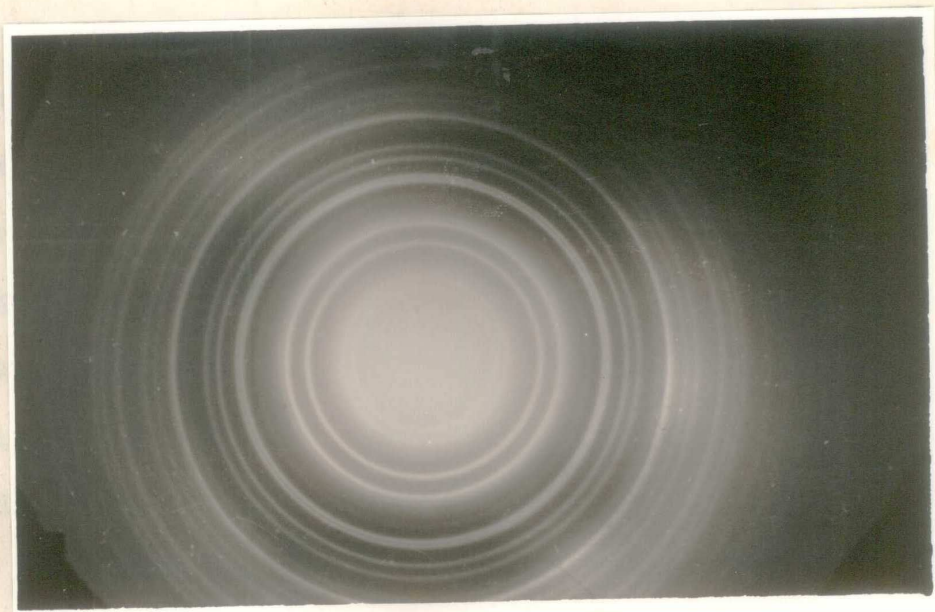
$$d = \frac{2L\lambda}{D} = \frac{K}{D}$$

inconveniente que se presenta, es el de medir con exactitud λ y L. Hay otros métodos, que se usan para la evaluación de los espaciados de la celdilla directa, uno de los cuales se realiza por comparación de un diagrama de difracción de un material patrón, con el material experimental.- Existen dos métodos: Uno: es cubrir la película de colodio con una delgada capa de aluminio o estaño alfa y montar en ella la muestra, de esta manera se obtienen dos diagramas superpuestos, con anillos, el de la muestra patrón y de puntos, el de la muestra experimental. Otro: es fotografiar el diagrama de la muestra a estudiar e inmediatamente fotografiar el diagrama de la muestra patrón, con las mismas características que la anterior, para los cuales L y λ es la misma. Este último método fue el empleado en el presente trabajo, utilizando como patrón oro, cuya preparación se realizó, volatilizándolo por medio de arco voltaico en una cámara de alto vacío, en cuyo interior se encontraban depositadas, mallas, con una cubierta de colodio sobre la cual se depositó el oro.

En la fotog. N° 5.- se muestra un diagrama de difracción de electrones, de anillos similar a un Debye Scherer, de oro, obtenido de acuerdo a la técnica descrita anteriormente; en la fotog. N° 6.- se muestra un diagrama de difracción de puntos obtenido de una de las muestras del trabajo.

Está ampliamente demostrado, que el espaciado de la celdilla directa del material patrón y del material experimental, es inversamente proporcional al diámetro del anillo; a condición de que sean ambos en las mismas condiciones con L y λ constantes, se tienen entonces que:

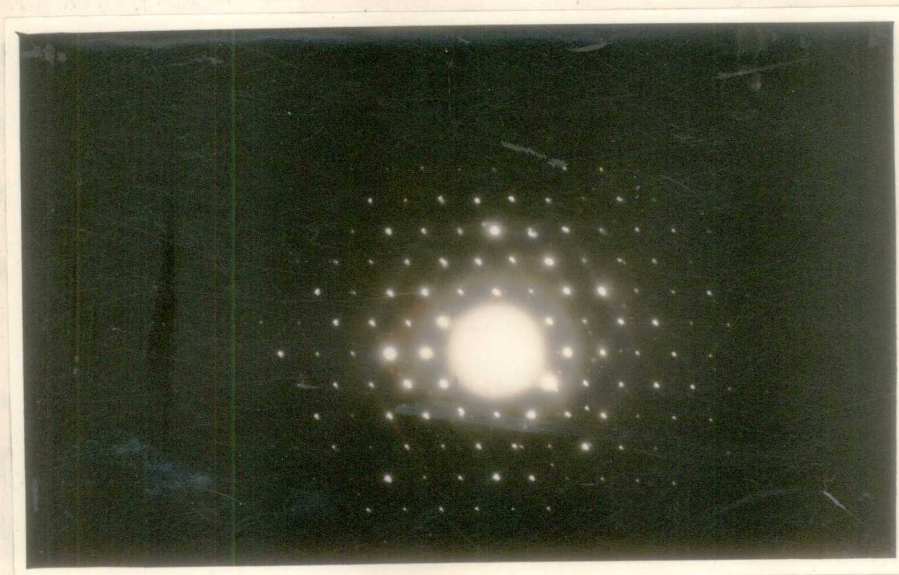
$$\frac{dx}{ds} = \frac{Ds}{Dx}$$



FOTOG. N° 5

Diagrama de difracción de electrones

Muestra: oro



FOTOG. N° 6

Diagrama de difracción de electrones

Muestra: Mineral de arcilla - Caolinita -

donde dx y ds se refieren al espaciado de la caldilla directa de la muestra experimental y standard, respectivamente; y Dx y Ds , se refieren al diámetro de los anillos. Conociendo ds , (espaciado de la muestra patrón), sólo es necesario, medir por cualquier método Dx y Ds , para poder calcular dx . Las medidas de los diagramas correspondientes a las muestras en estudio han sido realizadas sobre la misma película, en un microscópio comparador. Se realizaron 12 medidas de cada uno de los diagramas, tanto patrones como experimentales, de donde se obtuvieron los valores Dx y Ds .

PREPARACION DE LAS MUESTRAS:

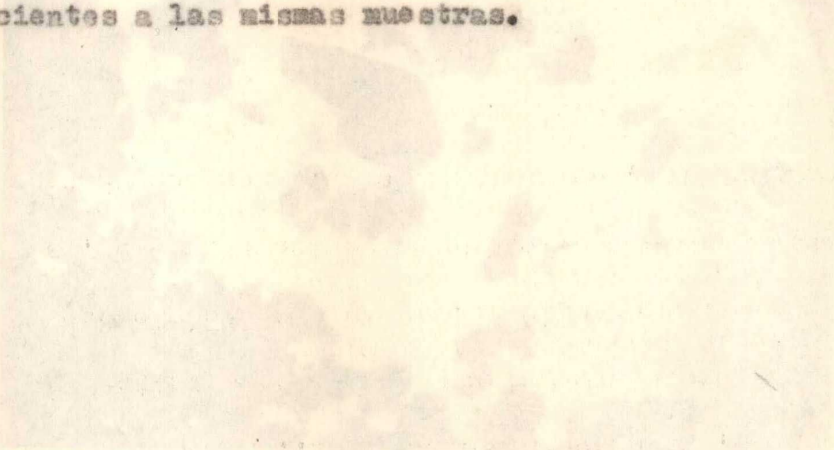
La preparación de las muestras se realizó por medio de la dispersión del material arcilloso en agua destilada. La concentración de muestra fue mínima. Una gota del líquido, se depositó sobre una malla 200, la cual fue previamente cubierta por una película de colodio, de un espesor que varía entre los 50 y 150 Angstroms; se dejó evaporar lentamente, para que las laminillas de arcilla se depositen en la base por su plano (001). Una vez seca la muestra, se montó en el microscópio para su observación y estudio.

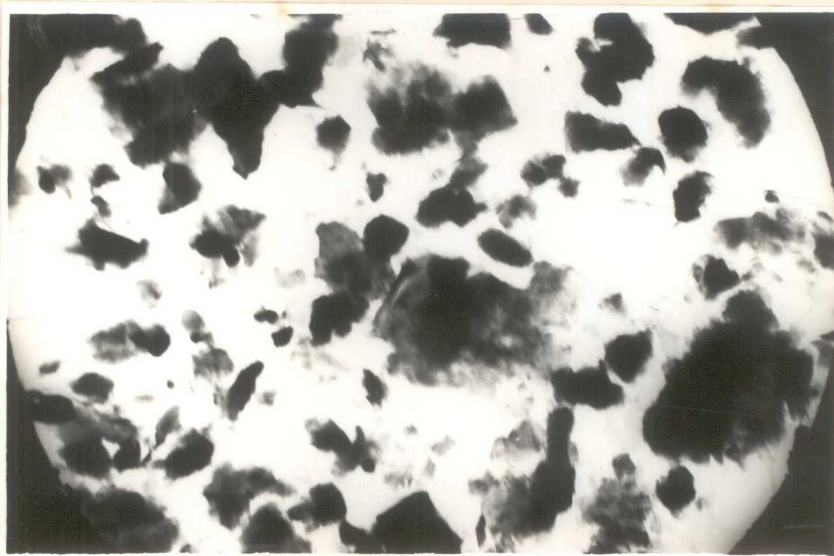
La observación se inició siempre, con bajo kilovoltaje, pasando rápidamente la muestra de un campo a otro, para evitar que por la insidencia del as de electrones sobre un solo punto, se contriga y se rompa la membrana de colodio. Gradualmente, se fue aumentando el voltaje hasta lograr el óptimo, se examinó detenidamente las muestras, observando su orientación, tamaños de partículas y sobre todo su forma, ya que es el carácter distintivo. En todos los casos se fotografiaron diversos campos, de los cuales los más representativos se muestran más adelante. Lue-

go de observar y seleccionar un cristal individual, se obtuvo del mismo su correspondiente diagrama de difracción (diagrama de puntos), convirtiendo el microscopio en una cámara de difracción por medio de un lente de difracción. De estos diagramas también se obtuvieron fotografías. La gran ventaja que ofrecen los diagramas de difracción de electrones, frente a los diagramas de difracción de Rayos X, es la de poder modificar el enfoque, buscar la posición más adecuada, etc. hasta obtener un diagrama nítido, además de saber con precisión a que cristal pertenece el diagrama.

Es conveniente recordar que la imagen en el microscopio, se debe a la dispersión de los electrones, cuando el haz de estos atraviesa a la muestra.

A continuación se muestran algunas de las fotografías más características, correspondientes a muestras del presente trabajo, así mismo se adjuntan algunos diagramas de puntos, también pertenecientes a las mismas muestras.

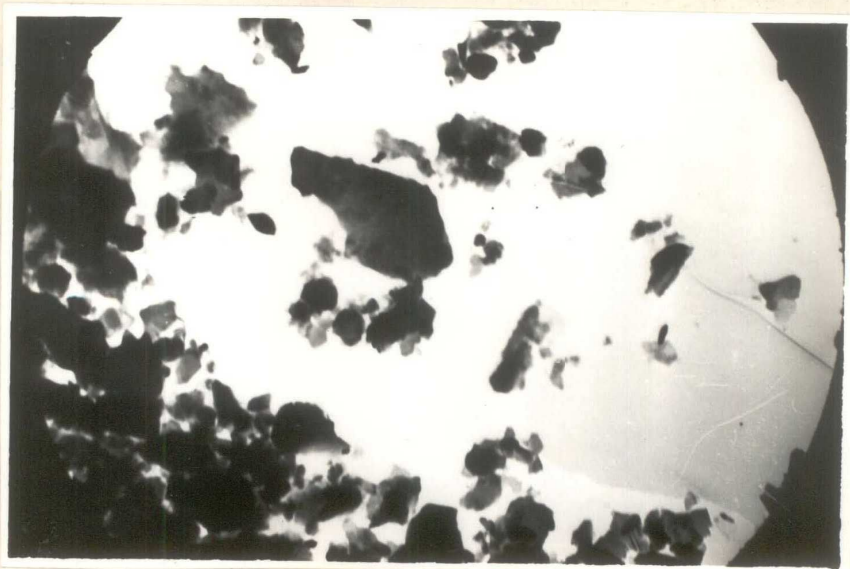




FOTOG. N° 7.-

Muestra N° 1.- 10.000.- aumentos

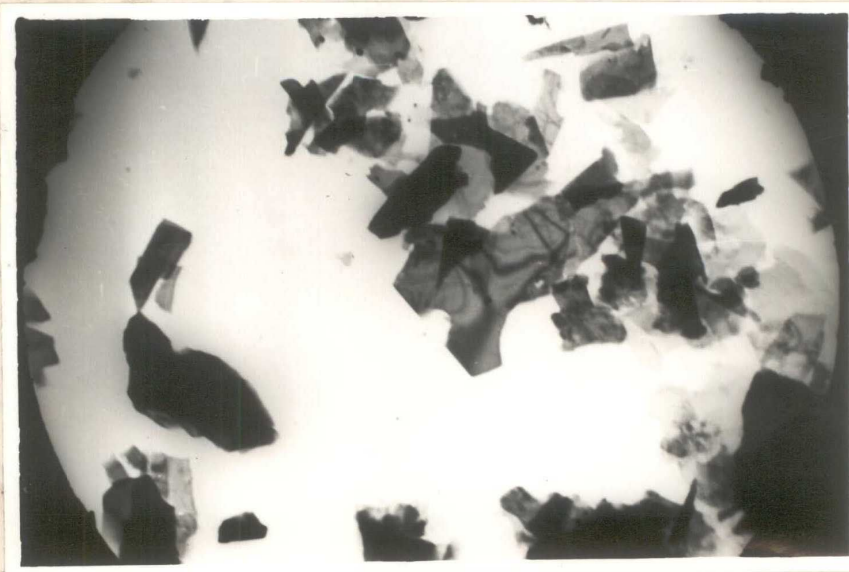
Se observan únicamente láminas de Illita, en pequeñas escamitas poco definidas y formando agregados irregulares.



FOTOG. N° 8.-

Muestra N° 5.- 10.000 - aumentos

En esta foto se puede observar láminas de caolinita fragmentadas pero casi todas conservan uno o más bordes, definidos, del contorno hexagonal característico.-



FOTOG. N° 9.-

Muestra N° 7.- 10.000 - aumentos.

En esta fotografía, se puede ver en el centro un cristal de pirofilita, se observan además, láminas de illita de formas irregulares y en agregados poco definidos.



FOTOG. N° 10.-

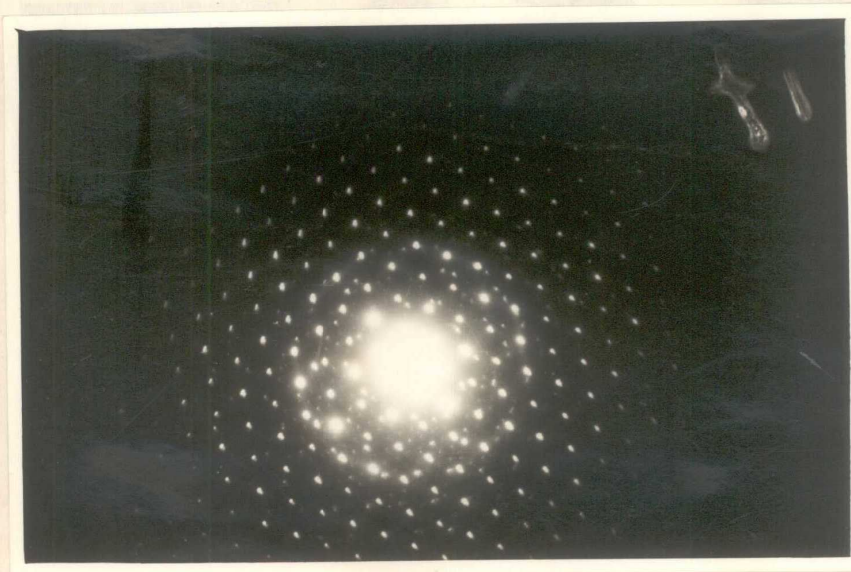
Muestra N° 8.- 5.000.- aumentos

En esta muestra es un poco difícil precisar a qué minerales co-

responde, lo cual es lógico, por tratarse de una mezcla en la cual hay illita, muscovita, caolinita y cuarzo.-

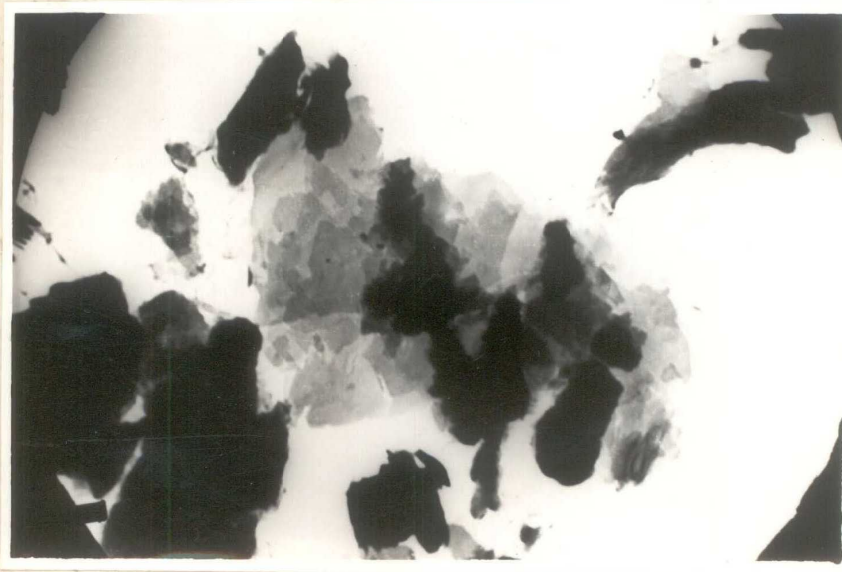
El objeto de presentar la misma obedece a que permitió separar por comparación con una muestra de muscovita pura preseleccionada, la muscovita de la illita, que se encuentran dentro de esta muestra. Para esto se realizó una preparación de la muscovita pura, en una fracción menor de 4 micrones y se la observó, fotografió y obtuvo sus correspondientes diagramas de puntos. A continuación se montó la muestra en estudio y se repitieron las observaciones y obtención de diagramas de puntos de todos los cristales más semejantes a la muestra anterior. Todos estos diagramas se midieron, llegando a la conclusión de que los cristales semejantes al encerrado en el círculo de la fotog. N° 10, corresponden^a muscovita.

El diagrama de puntos que se observa en la fotografía N°. 11 pertenece al cristal que se encuentra en el círculo.



FOTOG/ N° 11.-

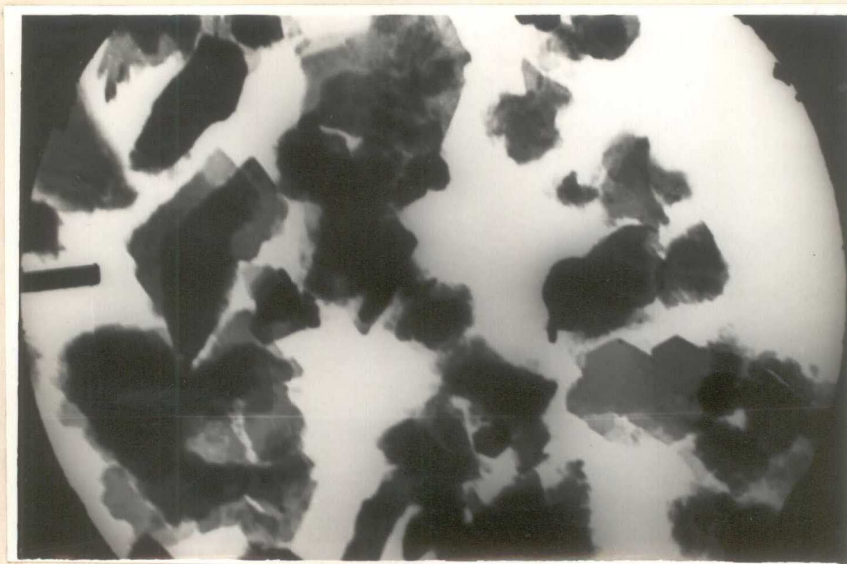
Diagrama de puntos por difracción de electrones, mineral identificado, muscovita.



FOTOG. N° 12.-

Muestra N° 13.- 10.000.- aumentos

En la presente fotog. se puede observar la presencia de: caolinita, de bordes netos y rectos; además montmorillonita e illita formando agregados irregulares difíciles de distinguir entre sí.



FOTOG/ N°. 13.-

Muestra N° 15.- 10.000 .- aumentos.

Las laminillas de caolinita que se observan en esta foto, son las más definidas, por su perfecto contorno hexagonal. Los agregados irregulares corresponden a Illita.

CONCLUSIONES:

Del examen microscópico y por difracción de electrones, se ha llegado a la conclusión, de que el método empleado es valioso en la determinación de los minerales de las arcillas. El mismo es más limitado que la difracción de rayos X, debido a problemas que se presentan para obtener buenos preparados, sumado a los confuso de las formas de los minerales tales como Illita, Montmorillonita, etc. Pero en estos casos, resuelve problemas que no se pueden lograr con la difracción de rayos X. En el caso del presente estudio, la difracción de electrones más que la microscopía electrónica, ha permitido verificar la presencia de muscovita y diferenciarla de la Illita de la misma muestra, por comparación de los diagramas de puntos.

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL:

El calentamiento de los minerales de las arcillas, provoca su deshidratación, lo que supone una pérdida de agua absorbida, interestratificada o agua de la caldilla misma, que poseen estos minerales. Además de la deshidratación a temperaturas más elevadas, se producen cambios, como los que en líneas generales se enuncian a continuación:

Entre 20 y 150°C. Eliminación del agua retenida por adsorción.

Entre 400 y 600° C. Eliminación del agua de composición.

Entre 850 y 1000°C. Se produce:

a).- Transformación del cuarzo en tridimita.

b).- Cristalización de la alúmina en la forma alfa.

c).- Formación de mullita.

Estas reacciones son endotérmicas y exotérmicas. Endotérmicas las de pérdida de agua y pérdida de estructura cristalina y exotérmicas cuando se trata de la formación de nuevas facies al elevar la temperatura. Todas estas reacciones, que tienen lugar en un material arcilloso cuando este es sometido a un proceso de continuo calentamiento, hasta altas temperaturas, son detectadas con adecuados aparatos. El método es el llamado "Análisis Térmico Diferencial".

Este método es sumamente eficaz en las investigaciones de los cambios que sufren los minerales de las arcillas, al ser llevados a altas temperaturas. Los resultados se obtienen en forma de curvas,. Refiriéndose las mismas a la temperatura del horno, las reacciones endotérmicas se manifiestan con picos hacia abajo y las exotérmicas con picos hacia arriba.

ANTECEDENTES DEL METODO:

En 1887 Le Chatelier fue el primero en medir y registrar, las temperaturas a las cuales se producían las reacciones; introduciendo la termocupla en la muestra, y conectándola a un galvanómetro. En 1899, Roberts-Austen, inventó el método de la termocupla diferencial, para medir las diferencias de temperatura entre un material dado y una referencia. En 1908 Burges, sugirió un circuito simple adaptable y usable en termocuplas diferenciales. Fenner en 1913, en sus estudios, fue el primero en usar y aplicar este método en el campo de la metalurgia. En 1933 y 1935, Orcel - Orcel y Caillere, demostraron claramente la aplicabilidad de este método al estudio de las arcillas. Desde entonces fue ampliamente utilizado, no sólo en el estudio de las arcillas, sino también en el estudio de muchos otros grupos de minerales.

Los detalles sobre el método, aparatos y aplicaciones, se encuentran descriptos en el tratado de Robert C. Mackenzie (1957), que se considera actualmente como la obra clásica para este tipo de estudios por lo tanto ahondar en detalles significaría una repetición de sus conceptos.

PREPARACION DE LAS MUESTRAS:

Las muestras que se utilizaron en el análisis térmico diferencial, son las mismas, sobre las cuales se realizaron los diagramas de difracción de rayos X. o sea en la fracción menor de 4 micrones.

En primer término, las muestras se secaron a 45° C. de temperatura, y se ambientaron durante 100 horas, al vacío, sobre una solución saturada de Nitrato de Magnesio con 6 moléculas de agua, esto para lograr una humedad relativa uniforme en 55 %.

Las muestras así pretratadas, se ubicaron en los cabezales portamuestras cilíndricos, compactándose todas con la misma presión, y teniendo el máximo cuidado, para que la termocupla, quedara perfectamente centrada en el interior de la muestra. Se usó como referencia, caolín calcinado. Preparado el portamuestras, se introdujo en el horno para realizar los termogramas, que se hicieron con las siguientes características:

Equipo usado: Hartmann y Braun.

Termocuplas: Platino - Platino 10 % Rodio.

Velocidad de calentamiento: 10° C. por minuto.

Sensibilidad: 0,10 M. v. en D.T.A.

Sensibilidad en temperatura: 10 M.v.

Atmósfera: Aire estático.

Con estas características se hicieron todos los termogramas, de los cuales, se adjuntan los más representativos en el gráfico correspondiente. El rango de temperatura recorrido fue de 20 a 1000° C.

La interpretación de los termogramas se realizó teniendo en cuenta la citada obra de Mackenzie.

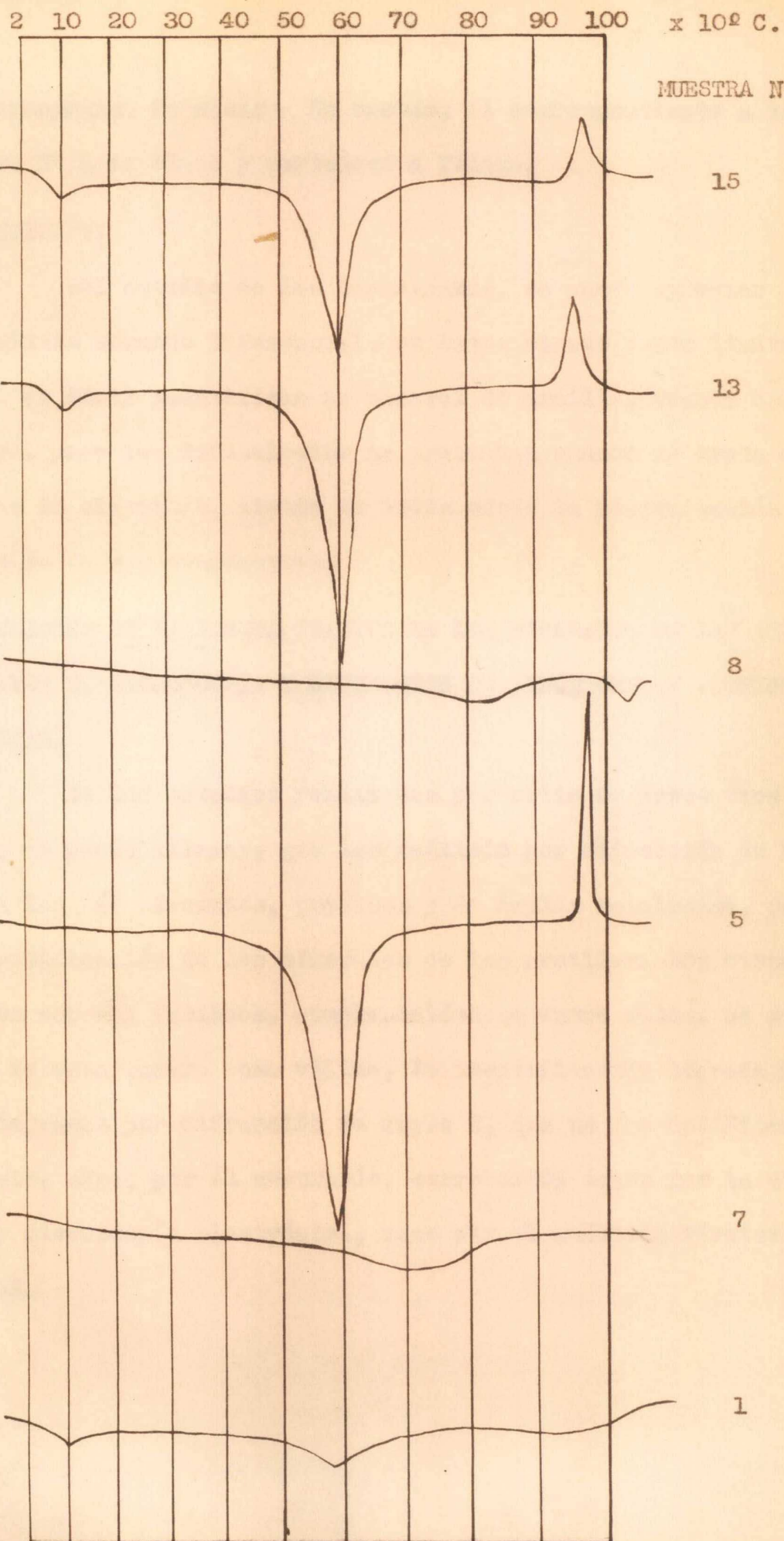
En base a los termogramas de las muestras Nos. 15 y 13, se identificó caolinita, mineral este del grupo de las kanditas.

La muestra N° 8. se identificó como muscovita mediante su termograma. El termograma de la muestra N°. 5, correspondiente a la muestra del mismo N°. , es típico de una Caolinita pura.-

Para la muestra N° 7, encontramos que su termograma, no es definido, imposibilitando de esta manera la correcta identificación, y lo único que se puede decir es que se aproxima a

CURVAS DE ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

LAMINA N° 25



los termogramas de micas - En cambio, el correspondiente a la muestra N° 1 es claro y pertenece a Illiga.

CONCLUSIONES:

Del estudio de los termogramas, se puede apreciar que el análisis Térmico Diferencial, es hasta cierto punto limitado, ya que es fácil identificar un mineral de arcilla, cuando este es puro, pero las dificultades se presentan cuando se trata de mezclas de minerales, siendo en estos casos la determinación imprecisa de sus componentes.

CONCLUSIONES DE LA IDENTIFICACION DE LOS MINERALES DE LAS ARCILLAS POR RAYOS X, MICROSCOPIA Y DIFRACCION DE ELECTRONES Y TERMICO DIFERENCIAL.

De los estudios realizados por medio de estos tres métodos, se puede afirmar, que los análisis por difracción de rayos X, son los más adecuados, precisos y de amplia resolución, para la identificación de los minerales de las arcillas. Los otros dos métodos son muy valiosos, complementándose entre ellos. Se establece de esta manera como válida, la identificación lograda con los diagramas por difracción de rayos X, que no fue modificada en absoluto, sino, por el contrario, corroborada tanto por la difracción y microscopía electrónica, como por el análisis térmico diferencial.

ORIGEN DE LOS MINERALES DE LAS ARCILLAS ESTUDIADAS/.

Tal como se mencionó al comienzo de este trabajo, los yacimientos estudiados son sedimentarios, excepto Cerro Segundo que tiene una génesis distinta, de la cual se tratará posteriormente.

De acuerdo con los trabajos de Teruggi (1958), los sedimentos de la serie de la Tinta, se tratan de una facies de plataforma, consistente en:

- 1.- Lutitas con calizas autóctonas intercaladas.
- 2.- Ortocuarцитas y calcarenitas intercaladas.
- 3.- Ortocuarцитas.
- 4.- Arcosa basal o tilita.

En sierras Bayas estan presentes los tres miembros superiores, Gonzales Bonorino (1954). En las serranías al S. de Tané dil, faltan el basal y superior. Son depósitos de un mar costanero poco profundo, que corresponden en su parte inferior a un ambiente litoral, que pasa a nerítico en la superior. En este mar, poco profundo y estable, se concentró el cuarzo, predominando sobre los otros minerales menos resistentes. Al encontrarse las arcillas intercaladas en las cuarcitas y calizas, se puede afirmar que su deposición, se produjo en periodos de calma muy frecuentes y cuando las condiciones fisico-químicas se lo permitían, se puede asegurar además, que las arcillas estuvieron presentes en casi todo el periodo de depositación de esta serie, ya que se las encuentra, tanto intercaladas como lentes y/o en estratos mas o menos puros y tambien como matriz en algunas cuarcitas y entre las calizas.

Esta abundancia de arcillas, se explica, por la alteración profunda, especialmente de feldespatos y micas, como así tambien de otros minerales ferromagnésicos, que junto al cuarzo, for-

maban el grueso de las rocas primitivas de las cuales se concentró el cuarzo y las arcillas. Es muy probable que entre los primitivos minerales de arcillas se encontrara además de caolinita e illita, la montmorillonita, la que por presión de las capas suprayacentes y por pérdida de agua y modificación de las condiciones físico químicas, fue cambiando gradualmente su estructura y composición hacia un mineral del tipo de las micas. Del mismo modo que la illita por fijación de potasio en las aguas de mar, ayudada por presiones, tiende a modificar su estructura hacia muscovita, Polimorfo 2 M.

Es conveniente dejar aclarado, que la interpretación de la génesis de las arcillas, se basa en los ambientes de deposición, y las transformaciones que sufren estos minerales durante los procesos de compactación.

Para una mejor comprensión de la génesis de las arcillas se tratará la misma por grupos:

Primer Grupo.- Zona de Olavarría (Sierras Bayas).-

La presencia de Illita como mineral predominante en esta zona, se puede explicar de dos maneras:

Primero.- que todos los primitivos componentes de los minerales de las arcillas, tales como montmorillonita, caolinita, etc., por procesos diagenéticos e influencia de los elementos alcalinos y alcalino terneos de las aguas de mar, han pasado a formar como producto final Illita.

Segundo.- Debido a la presencia de abundante calcio en el ambiente de deposición de los minerales de las arcillas, este elemento ha impedido la formación de caolinita, permitiendo la cristalización de illita únicamente.

Con respecto al segundo punto, se encuentra los trabajos de Millot (1942) realizados en sedimentos del W de Francia y adyacencias de Alemania, cuyo origen marino, fue fehacientemente

demostrado. Millot encontró invariablemente la presencia de illita de 50 a 100 % del contenido total de arcillas, siendo la misma particularmente abundante en sedimentos marinos calcáreos, en los cuales su proporción es de 70 a 100 %. En base a esto Millot puntualizó que junto a sedimentos calcáreos, es mínima o nula la presencia de caolinita, ya que el calcio tiende a inhibir la formación de este tipo de mineral de arcilla.

En el presente trabajo se puede corroborar esta suposición ya que en la zona de Olavarría tenemos abundantes depósitos de Calizas.

Segundo Grupo.- Zona de San Manuel y Las Numancias.- La explicación de génesis para esta zona es semejante a la anterior, con menor proporción o ausencia de calizas, lo que permitió la formación de una pequeña cantidad de caolinita.

Tercer Grupo.- Zona de Barker.- En esta zona la composición mineralógica, presenta un aspecto distinto; es evidente que la pila sedimentaria que cubrió a estas capas de arcillita, debió ser pequeña, o en su defecto no es tan antigua como los anteriores, para permitir por cualquiera de estas dos hipótesis, la conservación de montmorillonita, ya que se sabe que esta por efectos de presión y a lo largo del tiempo geológico, se transforma rápidamente en dirección a las micas. Con respecto a la presencia de caolinita, la misma debió ser muy abundante ya que a pesar de depositarse en un ambiente calcáreo, una parte de la misma logró mantenerse como tal, pero en una proporción no mayor del 15 %. La presencia de vermiculita indicaría la proveniencia, de rocas de basamento mas ricas en biotita; mientras que la pirofilita, se originaría

por alteración hidrotermal de los feldespatos. Esta paragénesis, mostraría que en Barker las rocas originarias, estaban mas próximas a los lugares de depositación y que se trataba de un basamento que ha sufrido alteración hidrotermal.

Cuarto Grupo.- Zona de San Ramón.- Por sus características, se puede explicar como un producto de alteración de basamento local, posiblemente hidrotermal, redepositado muy próximo a su roca de origen, y rápidamente compactado, donde no hubo lugar para la selección granulométrica, ni la transformación del mineral de arcilla, manteniendo su composición como una caolinita pura.

Quinto grupo.- Cerro Segundo.- Se considera la génesis del mal llamado, yacimiento de caolín, de Cerro Segundo; ya que de acuerdo a los estudios realizados, su composición mineralógica, da una mezcla de arcillas tales como Caolinita, Illita y Montmorillonita.

Tal como lo señalara Teruggi, (1962), este yacimiento se formó por alteración hidrotermal del basamento. Efectivamente, en esta franja de alteración, es posible observar una verdadera disposición zonal de los minerales de las arcillas, especialmente remarcado por la disposición de la montmorillonita. Se pudo constatar que el avance de la alteración se realizó de izquierda a derecha en el actual frente de explotación, lo cual se afirma, sobre la base de que la Montmorillonita, es más abundante en el borde derecho. Todo lo cual está corroborado por los trabajos de Sales y Meyer (1948), González Bonorino (1959) y muchos otros autores que han trabajado sobre el tema de la zonación, durante los procesos de alteración hidrotermal, de gran importancia económica ya que van acompañados de mineralizaciones. Debido a que el propósi

to del presente trabajo no fue el estudio detallado de este yacimiento en particular, no ha sido densa ni correctamente muestreado, limitándose a lo que antecede.

Como podrá apreciarse hemos considerado un grupo de canteras situadas en el borde Austral de las sierras. Provenientes de una faja de alteración hidrotermal. En el borde septentrional del cordón, el fenómeno se repite y podemos constatar in situ la alteración hidrotermal con la formación de un espesor considerable de arcilla.

Sexto Grupo.- Zona de Balcarce a Chapadmalal.- En esta zona la arcillitas son ricas en, caolinita, Illita y un poco de montmorillonita; esto puede indicar dos posibilidades geológicas.

Primero: que sean de distinta edad a las de la zona de Olavarría, San Manuel y Las Numancias, en el sentido de ser mas modernas.

Segundo: Que se trata de ambientes distintos de deposición; este último, o sea la zona de Balcarce a Chapadmalal pobre en calcio, lo cual permitió la deposición de caolinita como tal y mantenerse como el mas abundante, superior al 75 %, lo cual involucra la ausencia de calizas en esta zona y no su deposición y erosión, como suponen algunos autores que han trabajado en estas zonas.

La primera posibilidad, es factible en base a los numerosos análisis mineralógicos realizados por distintos autores, que han demostrado, que la montmorillonita esta ausente en sedimentos mas viejos que el Mesozoico; este hecho se debe a que por procesos diagenéticos - como ser presiones de la pila sedimentaria -

este tipo de mineral tiende a desaparecer; y cuando su estructura es completamente cambiada y toda el agua eliminada de sus capas, la rehidratación del mismo es difícil. Ulteriormente, durante el tiempo geológico, la montmorillonita, toma lentamente potasio y magnesio. Esta es la razón por la cual tiende a transformarse, quedando como producto final un mineral del tipo de las micas.

Existen pruebas feacientes, corroboradas por pruebas estratigráficas y paleontológicas, que la caolinita, también es menos abundante en sedimentos antiguos - mas antiguos que el Devónico - debido a que por procesos de compactación y fijación de elementos alcalinos y alcalino terreos, pasa a formar minerales del tipo de las micas. De todo esto se desprende, que, montmorillonita y caolinita, tienden a desaparecer en los sedimentos antiguos, quedando como productos finales, illita y clorita.

Estos antecedentes, corroboran la posibilidad, de que, en la serie de La Tinta de la Provincia de Bs. As., se este en presencia de 2 series sedimentaria de edad distinta.

Se supone que la zona de Olavarría, corresponde a un ambiente algo mas profundo, elevándose en su borde en la actual zona de Balcarce - Mar del Plata; en esta primera área se depositaron areniscas, arcillas y calizas; mientras que la segunda zona se encontraba elevada. Posteriormente un descenso de los bloques en la zona de Balcarce - Mar del Plata, permitió la depositación de areniscas y arcillas de edad posterior a las de la zona de Olavarría, cuya composición mineralógica es distinta, no solo desde el punto de vista de las arcillas, sino también por la presencia de otros minerales, principalmente grafito y mayor cantidad de turmalina; este primer mineral, netamente metamórfico, al parecer podría pro-

venir de los esquistos con grafito del borde del escudo brasileño y que actualmente aflora en Uruguay y Brasil. Esta suposición estaría confirmada con el estudio de las paleocorrientes de Teruggi (1964), que demuestran una dirección de aporte de sedimentos de NE a SW.

La posterior elevación de estos bloques, contribuyó a deformar los yacimientos de arcillas de la zona de Olavarría, en las cuales es frecuente observar inflexiones y fallas, muy poco notorias o ausentes en la zona de Balcarce a Mar del Plata.

(Canteras de Caliza y arcilla de Las Hórtigas), y para la fabricación de ladrillos cerámicos "La Rosa" y "Nuevo Negro"; no se puede hablar de utilización en cerámica blanca o refractaria, por el elevado contenido en impurezas como se han mencionado anteriormente, y su punto de fusión relativamente bajo, alrededor de 1.225°C .

En la zona de Barker, existen yacimientos de arcillas casi puras, de color blanco, pero de extensión y distribución limitada, las que se emplean solamente para una cerámica fina. El contenido en óxidos es mínimo y su punto de fusión elevado, que oscila entre los 1.650 y 1.700°C .

El material que se explota en el yacimiento de San Rafael, se utiliza en cerámica y como refractario, en este último caso aprovechando la elevada parte de fusión 1.740°C y su estructura amorfa.

Los yacimientos de arcillas de San Manuel y La Esperanza tienen características similares a las de Barker, en lo que respecta a su punto de fusión y pureza, por lo cual se emplean inmediatamente en la fabricación de ladrillos cerámicos.

CONSIDERACIONES ECONOMICAS:

Los materiales arcillosos de la zona estudiada, son explotados para diversos usos; como es de suponer, su aplicación está muy limitada en varios sectores, por las impurezas que poseen y que bajan su calidad como materia prima para la industria cerámica. Dichas impurezas son principalmente óxidos de Hierro y Manganeso.

En la zona de Sierras Bayas, las arcillas son explotadas, como materia prima en la fabricación del Cemento Portland (Canteras de Caliza y arcilla de las Fábricas), y para la fabricación de ladrillos Cerámicos "La Losa" y "Cerro Negro"; no es posible su utilización en Cerámica blanca o refractaria, por su elevado contenido en impurezas como se han mencionado anteriormente, y su punto de fusión relativamente bajo, alrededor de 1.425° C.

En la zona de Barker, existen mantos de arcillas casi puras, de color blanco,- pero de extensión y distribución limitada,- las que se explotan selectivamente para uso en cerámica fina. El contenido en Oxidos es mínimo y su punto de fusión elevado, que oscila entre los 1.650 y 1.700° C.

El material que se explota en el yacimiento San Ramón, se utiliza en Cerámica y como refractario, en este último caso aprovechando su elevado punto de fusión 1.740° C. y su composición monomiral.

Los yacimientos de arcillas de San Manuel y La Numancia tienen características similares a las de Sierras Bayas en lo que respecta a su punto de fusión y pureza, por lo cual su empleo inmediato es, en la fabricación de ladrillos Cerámicos,

CONCLUSIONES:

- 1.- De acuerdo a las análisis realizados en las muestras estudiadas se observa que generalmente corresponden a limas arcillosas. En ningún caso se han encontrado variedades un elevado punto de fusión que oscila en los 1.650° C. siendo su uso adecuado para cerámica blanca y como refractario. De igual manera la arcilla que se explota en Cerro Segundo es empleada en cerámica blanca, por su bajo contenido en óxidos. En orden de abundancia: Illita, Caolinita y Montmorillonita, y como no arcillosas: Pirrofilita y Vermiculita.
- a.- San Rosal (Partido de Nequén), se encontró como único mineral de las arcillas a Caolinita y como no arcillosas Cuarzo.
- d.- La Humareda (Partido de Tandil), se identificó Illita como arcillosa y Pirrofilita dentro de las no arcillosas.
- e.- San Manuel (Partido de Lobería), se encontró dentro de las arcillosas Illita y Caolinita, y como no arcillosas Muscovita.
- f.- Los Pinos (Partido de Balcarce) y en Chapadmalal (Partido de General Progreso) se identificó como minerales de arcillas en orden de abundancia: Caolinita, Illita y Montmorillonita, y como no arcillosas Cuarzo.
- g.- Cerro Segundo (Partido de Balcarce) se identificó como minerales de las arcillas en orden de abundancia: Caolinita Montmorillonita e Illita.
- 2.- La gran cantidad y variedad de minerales de las arcillas en algunos sectores, parecería indicar, sujetos de deposición distintos, y sobre el interrogante de si son realmente distintos.
- 3.- Con la desagregación de los polímeros de Illita, no ha sido posible arribar a ninguna conclusión; siendo necesario para esto continuar el trabajo con un mayor número de muestras, estudio que permitirá establecer si la muscovita que se encuentra asociada a las arcillas es autógena.

Manfred R.

CONCLUSIONES:

- 1.- De acuerdo a los análisis mecánicos realizados en las muestras estudiadas se observa que granulométricamente corresponden a Limos Arcillosos. En ningún caso se han encontrado verdaderas arcillas desde el punto de vista granulométrico.
- 2.- La composición mineralógica encontrada es la siguiente:
 - a.- Sierras Bayas (Olavarría), único mineral de arcilla Illita .
 - b.- Barker (Partido de Juárez), se encontró en orden de abundancia: Illita, Caolinita y Montmorillonita, y como no arcillosos: Pirofilita y Vermiculita.
 - c.- San Ramón (Partido de Necóchea), se encontró como único mineral de las arcillas a Caolinita y como no arcilloso Cuarzo.
 - d.- La Numanzia (Partido de Tandil), se identificó Illita como arcilloso y Pirofilita dentro de los no arcillosos.
 - e.- San Manuel (Partido de Lobería), se encontro dentro de los arcillosos Illita y Caolinita, y como no arcilloso Muscovita.
 - f.- Los Pinos (Partido de Balcarce) y en Chapadmalal (Partido de General Pueyrredón) Se identificó como minerales de arcillas en orden de abundancia: Caolinita, Illita y Montmorillonita, y como no arcilloso Cuarzo.
 - g.- Cerro Segundo (Partido de Balcarce) Se identificó como minerales de las arcillas en orden de abundancia: Caolinita Montmorillonita e Illita.
- 3.- La presencia y predominio de determinados minerales de las arcillas en algunos sectores, parecería indicar, ambientes de deposición distintos, y abren el interrogante de si son realmente coetáneos.
- 4.- Con la determinación de los polimorfos de Illita, no ha sido posible arribar a ninguna conclusión; siendo necesario para esto continuar el trabajo con un mayor número de muestras, estudio que permitirá establecer si la muscovita que se encuentra asociada a las arcillas es autígena.

M. R.

M. R.

B I B L I O G R A F I A

- Aguirre, E. (1879) - La Geología de la Sierra Baya- Anales de la Soc. Científica Argentina t. VIII Bs. As.
- Aguirre, E. (1897) - Notas Geológicas sobre la Sierra de La Tinta - Anales del Museo Nal. de Bs. As. t V.-
- Brown, G. (1961) - The X Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals - Min. Soc. (Clay Mineral Group) London.
- Brindley, G.W. (1951) - X Ray Identification and Cristal Structures of Clay Minerals - Edited by G.W. Brindley. The Min. Society London 1951.-
- Buerguer, M.J. (1959) - Vector Space - New York Wiley y Sons, inc.
- Buerguer, M.J. (1949) -X Ray Cristalography New York Wiley y Sons, ic.
- Burst, J.F. (1958) - Glauconite Pellets: Their mineral nature and aplication to stratigrafic interpretation. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 42, 310-327.
- Carl, H.F. (1947) - Quantitative Mineral Analysis with a recording X Ray diffraction spectrometer - Am. Min., 32 - 508.
(1948), Am. Min. 33 - 645.
- Cortelezzi, G.R. (1954) - Estudio Petrográfico de las Rocas de la zona de Sierra Chica (Partido de Olavarría) con los ensayos físicos para determinar sus cualidades técnicas. L.E.M.I.T. Serie II N° 52.
- Caillere, S. y Henin, M.S. (1963) - Mineralogie Des Argiles - Masson el Cie., Paris.
- Foster, M.D. (1956) Correlation of dioctaedral Potassium micas on the basis of theiff charge relation. U.S. Geol. Survey Bull. 1036-D. (1960)-Layer charge relation in the

dioctaedral and trioctaedral micas. Am.Min. 45, 383 - 398.-

Frenguelli, J. (1950)- Rasgos generales de la morfología y la geología de la Prov. de Bs. As. L.E.M.I.T. serie II N° 33.-

González Bonorino, F. (1954) - Geología de las Sierras Bayas, Partido de Olavarría - Prov. de Bs. As. L.E.M.I.T. Serie II N° 55.

(1956) - La interestratificación de los Minerales de Arcillas - Rev. Ciencia e Investigación Bs. As.

(1951) - Hydrothermal alteration in the front range mineral belt, Colorado-. Bull. Geol. Soc. Am. Vol. 70 N° 1 - 1959.

González Bonorino, F. y Teruggi, M.E. (1952) - Lexico Sedimentológico - Inst. Mal. Invest. de C. Naturales, Publicaciones de extensión cultural y didáctica N° 6.-

González Bonorino F., Zardini, R., Figueroa M., y Limousin, T. (1956) Estudio Geológico de las Sierras de Olavarría y Azul, Prov. de Bs. As. L.E.M.I.T. Serie II N° 63.-

González Bonorino R. y Cetrangolo, G. (1962) - Minerales de arcilla en el subsuelo de la Capital Federal y el origen de la formación terciaria "Arcilla Parda", Anales de las primeras jornadas Geol. Arg. t, III.-

Grim, E. Ralph (1953) - Clay Mineralogy - New York, Mc. Graw-Hill Book Cie, Inc.

(1947) - Differential Thermal curves of prepared mixtures of clay Minerals Am. Min. , 32 - 493.

(1962) - Applied Clay Mineralogy - Mc. Graw Hill Book

Cis. Inc. New York.-

- Harrington, H.J. (1940) - La edad de la dolomita de Olavarría y la estructura de corrimiento de las Sierras Bayas. Rev. del Museo de La Plata I, 6 (Geología).
- Hautel, R. (1901) - Contribución al conocimiento de la Geología de la Prov. de Bs. As. Univ. Nal. de La Plata, Fac. de Ciencias Físico Matemáticas, Publicación N° 1.
- Hall, Cecil E. (1953) - Introducción to Electron Microscopy - Mc. Graw Hill Book Company, Inc.
- Insley, Herbert and Frechette, Van Derk (1955) - Microscopy of Ceramics and Cements including Glasses, Slags, and Foundry sands- Academic Press Inc. Publishers, New York.
- International Committee for the Study of Clays, Part XXIV, Int. Geol. Congress Copenhagen (1961).
- Johns, Grim and Bradley (1954) - Quantitative Estimations of Clay Minerals by Diffraction Methods-Journal Sedimentary Petrology, Vol 24, N° 4. 242.-
- Kerr, Paul F. and Kulp, J.L. (1948) - Multiple Differential Thermal Analysis - Am. Min. Vol. 33 N° 7 y 8.
- Klug - Alexander (1954) - X Ray Diffraction Procedures - John Wiley Sons, Inc. New York.
- Krumbein, W.C. (1936) - The use of quartile measures in describing and comparing Sediments - Am. Jour. Scie. Vol 32. (1938) - Manual of Sedimentary Petrography. New York Appleton - Century.
- Lovering, T.S. (1949) - Rock Alteration as a guide to ore, East Tintic District, Utah- Economic Geology Monograph I.

- Millot, Georges. (1964) - Geology des Argiles - Masson et Cie. Paris.
- Monteverde A. (1945) - Nota sobre el yacimiento de arcilla Caolínica de Cerro Segundo Balcarce- Rev. Minera t.XVI Bs.Am
- Mc Kenzie, R.C. (1957) - The Differential Thermal Investigation of Clays - Mineralogical Society, London.
- Nágera, J.J. (1919) - La Sierra Baya - Anales Min.Agric. Arg. Sec. Geol. XIV, 1.-
- Norrish, K. y Taylor, R.M. (1961) - Quantitative Analysis by X Ray Diffraction - Jour, Soil Scia 12, 294.-
- Pennington, R.P. and Jackson, M.L. (1947) - Segregation of the clay minerals of Policomponents soil clays - Proc. of the Soil science, Vol. 12.-
- Pattijohn, F.J.(1949) - Sedimentary rocks - Harper y Bros., New York.
- Ross, Malcolm and Christ, C.L. (1958) - Mineralogical Applications of Electron Diffraction, Theory and Techniques - Am. Min. Vol. 43.
- Radice, M.M. (1944) - Caracteres Petrográficos de 3 rocas de cerro Aguirre (Olavarría, Prov.de Bs.As.) Notas del Museo de La Plata. t. IX.
- Radice, M.M. (1946) - Caracteres Petrográficos y Propiedades Técnicas de "Rocas Graníticas" Argentinas.- Notas Museo de La Plata, t. XI, Geol. 43.-
- Sales, R. and Meyer, C. (1948) - Wall Rock Alteration at Butte Montana - Am. Inst.Mining Met. Engrs. Tech. Pub. 2.400.
- Schultz, L.G. (1958) - Quantitative X Ray Determinations of Same Aluminous Clay Minerals in Rock - Clay and Clays Minerals Proceedings of the Seventh National Conference on Clays and Clay Minerals.
- Swineford, Ada (1958)- Clay and Clays Minerals - Proceedings of

- the Seventh National conference on Clays and Clay Minerals - Washington, D.C.
- Teruggi, M.E. (1951)- Contribución a la Petrología del Partido de Tandil, El Cerro Noceti - Rev. Inst.Nal.Inv.C. Nat. Geol. t. III, N° 1.-
- Teruggi, M.E. y Mauriño V., Limousin T., y Schauer, O. (1958) - Geología de Las Sierras de Tandil - Rev. Asoc. Geol. Arg. t. XIII, N° 3.-
- X Teruggi, M.E., Mauriño V. y Limousin T. (1962) - Geología de la Porción Oriental de las Sierras de Tandil - An. Prim. Jorn. Geol. Arg. t. II Bs. As.
- Teruggi, M. E., Etchichury, M.C. y Remiro, J.R. (1957) - Estudio Sedimentológico de los terrenos de las Barrancás de la Zona de Mar del Plata - Miramar - Rev. del Museo Arg. de C. Nat. t. IV N° 2. Bs. As.
- Teruggi, M.E., Chaar, E., Remiro, J. y Limousin, T. (1959) - Las Arenas de la Costa de la Prov. de Bs. Aires, entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca. L.E.M.I.T. Serie II N° 77.-
- Trask, P. D. (1932) - Origin and environment of source sediments of Petroleum Houston Texas.
- Tozzi, M. A. (1957) - Estudio Sedimentológico de las Ortocuarzitas de la Región de Balcarce, Tesis N°237, Museo de La Plata.
- Twenhofel, W. H. and Tyler, S.A. (1941) - Methods of Study of Sediments- New York - Mc. Graw Hill Book Co., Inc.
- Velde, B. y Hower, J. (1963) - Petrological significance of Illite polymorphism in Paleozoic sedimentary Rocks - Am. Min. Vol. 48 N° 11 y 12.-

Von Engelhardt, W (1961) - Science and Industry - Philips Electrical Industries Ltd, 8, 2.-

Weaver, C.E. (1958) - The effects and significance of potassium "fixation" by expandable clay minerals derived from muscovite, biotite, chlorite, and volcanic material - Am. Min. 43, 839.- 861 .-

Yoder, H. S. y Eugster, (1955) - Synthetic and natural muscovites- Geochim. Cosmochim. Acta 13, 42-69.

X Villar Fabre, J. F. (1957) - Descripción Geológica de la hoja 32 q,
X Sierras de Tandil (Prov. de Bs.As.). Dirección Nal. de Minería, Boletín N° 86.

(1956) - Informe Geológico de la hoja 33 q Barker (Prov. Bs.As.) - Inédito Dir. Nac. de Geol. y Min. Bs. As.-

Borrello, Angel V. (1962) - Formación Punta Mogotes (Eopaleozoico- Prov. de Buenos Aires)- Comisión de Investigaciones Científicas- Notas- Vol.I N° 1. La Plata - Prov. de Buenos Aires.

Montero, Cesar A. (1951) - Estudio Geológico de la Zona de Barker. (Partido de Juárez Prov. de Buenos Aires). Tesis del Museo de La Plata N° 183.



BIBLIOTECA

442
5-II-1969